С. К. Боголюбов, А. В. Воинов

КУРС ТЕХНИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

КУРС ТЕХНИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Нет. стр. 41

8.I.76 [illegible]

744
574

С. К. БОГОЛЮБОВ, А. В. ВОИНОВ

КУРС ТЕХНИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебника для машиностроительных техникумов

053748

Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1973

744

Техническая библиотека Киевского автомобильного завода

Б 74
УДК 744:621 (075)

Боголюбов С. К., Воинов А. В. Курс технического черчения. Учебник для машиностроительных техникумов. М., «Машиностроение», 1973. 304 с.

В учебнике изложены сведения о технике черчения, геометрическое черчение, основы начертательной геометрии, проекционное и машиностроительное черчение. Для лучшего усвоения учащимися теоретических положений курса в учебнике приведены практические примеры из области машиностроения.

Учебник написан с учетом требований новых ГОСТов, входящих в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

Учебник предназначен не только для учащихся дневного и вечернего отделений техникумов, но и для студентов-заочников, осваивающих программу без систематической помощи преподавателя.

Табл. 32. Ил. 545

Рецензент канд. техн. наук **В. Д. ЗАСОВ**

Б $\frac{313—026}{038\ (01)—73}$ 26—73

© Издательство «Машиностроение», 1973

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рост производительных сил и научно-технический прогресс предъявляют высокие требования к подготовке инженерно-технического персонала и, в частности, техников-машиностроителей.

Одной из главных задач, которые стоят перед средними специальными учебными заведениями, является подготовка квалифицированных специалистов, имеющих глубокие теоретические знания и твердые практические навыки по специальности. Необходимо постоянное совершенствование качества подготовки специалистов с учетом требований современного производства, науки и техники, а также перспектив их развития.

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т. е. умение читать и выполнять чертежи.

Современный машиностроительный чертеж должен быть выполнен с соблюдением требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения и оформления чертежей, установленные стандартами ЕСКД, являются обязательными для всех отраслей промышленности, поэтому учебник написан с учетом ЕСКД.

Материал учебника изложен в соответствии с программой по курсу «Черчение» для машиностроительных техникумов.

Учебник состоит из четырех частей: часть I — техника черчения; часть II — геометрическое черчение; часть III — основы начертательной геометрии и проекционное черчение; часть IV — машиностроительное черчение.

В книге приведены сведения о строительном черчении, а также о способах размножения технической документации.

В конце каждой главы приведены вопросы для самопроверки.

При изложении учебного материала использованы практические примеры из области машиностроения. Пояснительный текст к иллюстрациям дан в книге кратко, так как имеется в виду, что учащийся должен научиться понимать чертеж, а не читать текст к нему.

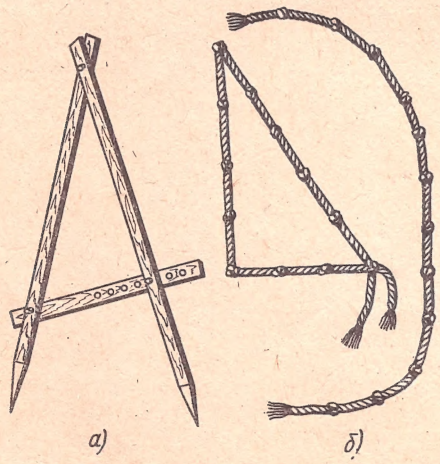
Учебник предназначен для учащихся дневного и вечернего отделений техникумов, а также для студентов-заочников, изучающих черчение без систематической помощи преподавателя.

ВВЕДЕНИЕ

Чертеж — графическое изображение изделия или его части — является основным документом, по которому изготовляется это изделие. Каждое изделие должно быть предварительно спроектировано конструктором. В процессе проектирования изделия выполняют рисунки, эскизы, схемы, чертежи.

Оформление и содержание чертежей изменялись с развитием производительных сил общества. Изображения различных предметов — рисунки — появились как средство общения людей еще до создания письменности.

Позднее при строительстве жилищ, крепостей и других сооружений появились первые чертежи, которые назывались «планами». Эти чертежи обычно выполнялись в натуральную величину прямо на земной поверхности, на месте будущего сооружения. Для построения таких чертежей были созданы первые чертежные инструменты — деревянный циркуль-измеритель (рис. 1, *а*) и веревочный прямоугольный треугольник (рис. 1, *б*). В дальнейшем такие планы-чертежи стали делать на пергаменте, дереве и холсте в уменьшенном виде. На чертежах старались показать как форму, так и размеры предметов.



а) *б)*

Рис. 1

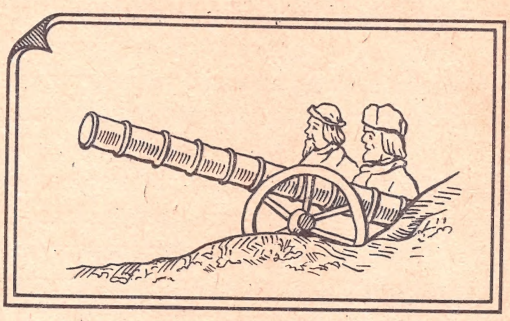


Рис. 2

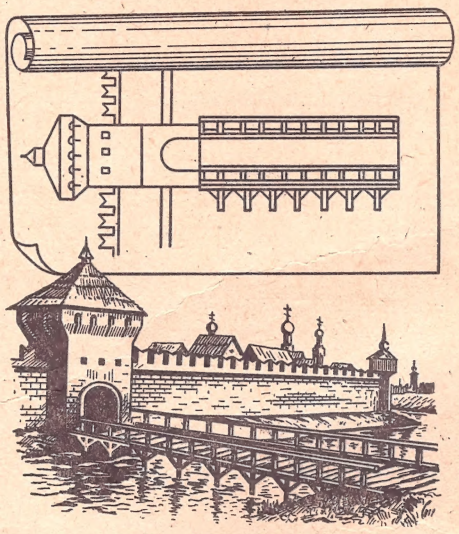


Рис. 3

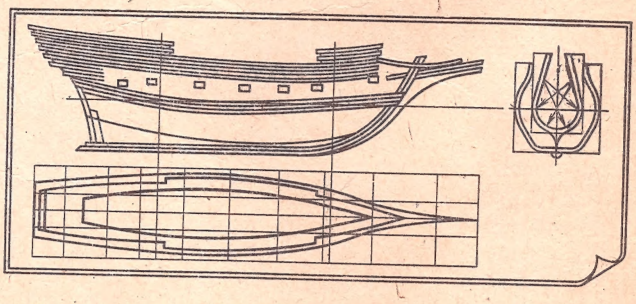


Рис. 4

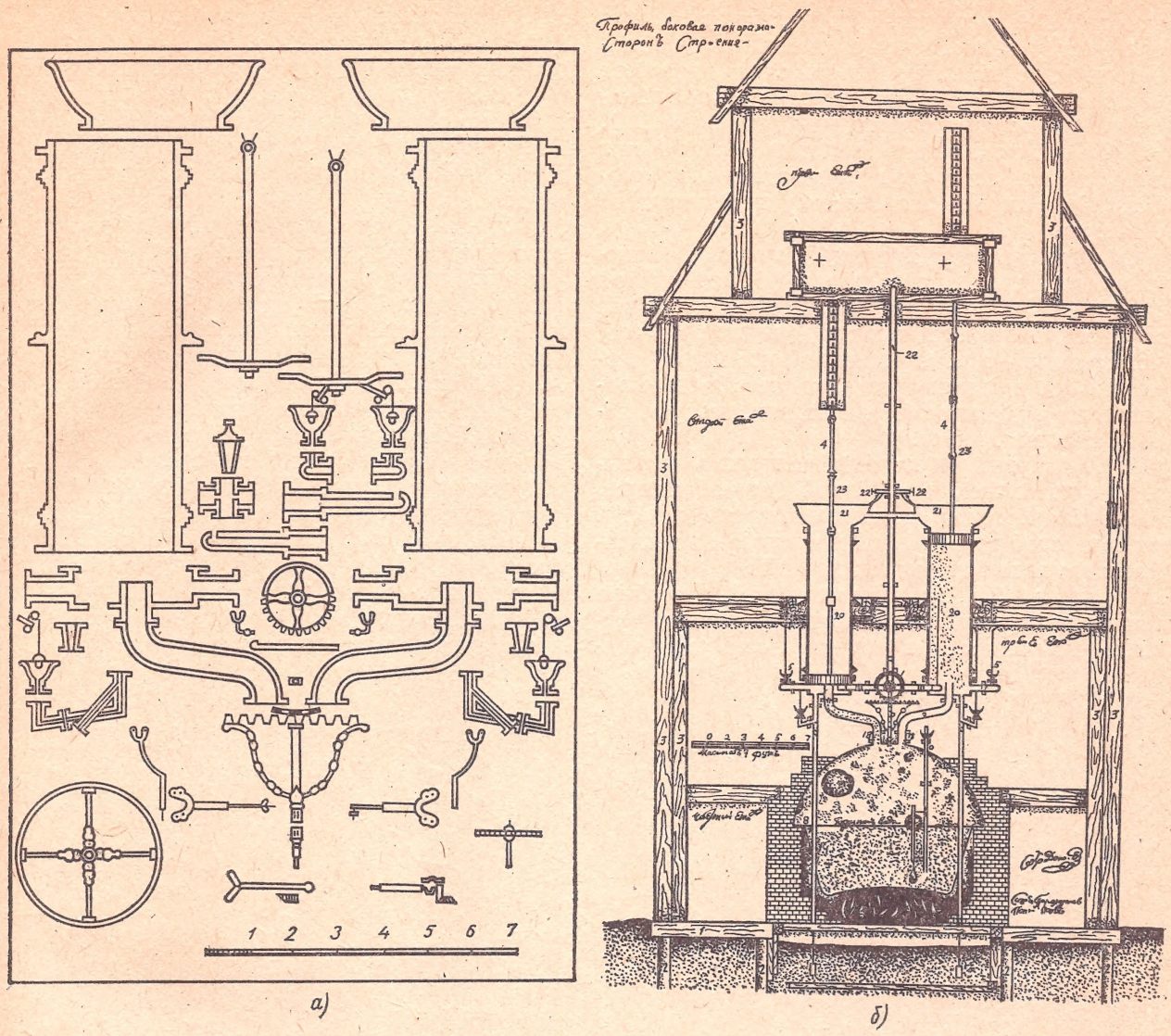


Рис. 5

В древней Руси было очень много искусных мастеров по литью металлов, изготовлению оружия, строительству зданий. Эти мастера, как видно по оставшимся зданиям и сооружениям, очень хорошо представляли себе геометрические формы предметов и умели выбрать наилучшее решение технических задач.

Так, например, в летописях XIII—XIV веков найдены наглядно выполненные рисунки, по которым можно узнать способ изготовления предметов. Например, рассматривая рис. 2, можно определить, что ствол пушки изготовлен горновой или кузнечной сваркой и укреплен насадными кольцами-бандажами.

Часто на одном изображении совмещались план (вид сверху) и фасад (вид спереди) какого-либо сооружения, например моста (рис. 3). Неудобство такого совмещения заставило мастеров разъединить оба вида и применять при изображении предметов два, три и более видов.

Во второй половине XVI и начале XVII века в России на металлообрабатывающих заводах изделия изготовляли не по чертежам, а по образцам-моделям. В конце XVII столетия вместо образцов стали применять чертежи. Эти чертежи изготовляли без точного соблюдения масштаба, но размеры изделий на них уже проставляли.

В начале XVIII столетия, когда стало быстро развиваться кораблестроение, потребовались более точные, вычерченные в строгом масштабе чертежи. Корабельные чертежи 1686—1751 гг.,

выполненные мастерами и их помощниками, уже более совершенны. Здесь применялись три изображения, с помощью которых на плоскости чертежа удавалось показать размеры трех измерений судна: длину, ширину и высоту (рис. 4).

В 1798 г. французский инженер Гаспар Монж опубликовал свой труд «Начертательная геометрия», который лег в основу проекционного черчения.

Отдавая должное Гаспару Монжу, обобщившему метод прямоугольного проецирования предметов на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, мы не должны забывать, что задолго до появления начертательной геометрии в отдельных русских чертежах были поставлены и решались те же задачи, которые научно обобщил Монж.

В XVIII веке чертежи выполнялись чрезвычайно тщательно, с обводкой цветной тушью. На этих чертежах делались разрезы изделий с раскраской разреза разными цветами в зависимости от вида материалов изделий.

Чертежи И. И. Ползунова и И. П. Кулибина наглядно показывают отличные познания русских изобретателей в области построения точного проекционного чертежа изделия (рис. 5, *а* и *б*).

Основоположником начертательной геометрии в России был проф. Я. А. Севастьянов, издавший в 1821 г. свой курс «Основания начертательной геометрии». Выдающийся ученый конца XIX века проф. В. И. Курдюмов написал ряд капитальных трудов по начертательной геометрии. Проф. Н. А. Рынину принадлежит ряд трудов по приложению начертательной геометрии в технике и учебник, которым пользуются и в настоящее время. Проф. Д. И. Каргин написал работу «О точности графических построений». Большое значение имеют труды крупного ученого проф. А. И. Добрякова по начертательной геометрии.

Видный ученый нашего времени проф. Н. Ф. Четверухин написал большое количество трудов в области теории изображений.

В настоящее время советские ученые проводят теоретические исследования в области начертательной геометрии и инженерной графики, работают над созданием приборов и аппаратов для механизации чертежно-конструкторских работ и размножения конструкторской документации, разрабатывают новые стандарты.

ЧАСТЬ I

ТЕХНИКА ЧЕРЧЕНИЯ

ГЛАВА 1

ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения чертежей каждый учащийся техникума должен иметь набор инструментов и материалов (рис. 6).

Чертежная доска (рис. 6, *а*) изготовлена из мягкого дерева — липы. В такое дерево легко входят кнопки, закрепляющие чертежную бумагу на доске. Кнопки откалывают специальным рычагом (рис. 6, *ж*). Чертежную доску располагают так, чтобы свет на нее падал слева.

Приступая к работе на чертежной доске, необходимо правильно прикрепить к ней кнопками лист чертежной бумаги. Сначала закрепляют верхний левый угол листа (рис. 7), затем, натягивая лист ладонью руки по направлению стрелки, закрепляют кнопкой противоположный угол. После этого закрепляют остальные два угла листа.

Бумага. Чертежи, как правило, выполняют на плотной чертежной бумаге. Бумага выбирается такая, чтобы с нее хорошо стирались резинкой карандашные линии и не расплывалась тушь.

Карандаши. Чертежные работы выполняют в большинстве случаев карандашами (рис. 6, *б*).

При выполнении чертежа тонкими линиями рекомендуется применять карандаш марки Т. Обводить линии чертежа надо карандашом марки М; при обводке более мягкими карандашами чертеж становится грязным. Таким образом, учащийся должен иметь минимум три карандаша: М, ТМ и Т.

Подобрав карандаш нужной твердости, его затачивают перочинным ножом (рис. 6, *с*). На рис. 8, *а* показана правильная заточка карандаша, а на рис. 8, *б* — заострение графита при помощи наждачной бумаги, наклеенной на дощечку.

Угольники (рис. 6, *в*) перед работой надо проверить таким образом: положить угольник одним катетом на линейку или рейсшину и провести остро заточенным карандашом по другому катету прямую линию (рис. 9). Затем повернуть угольник на 180° и снова провести линию. У правильно изготовленного угольника обе линии должны совпадать (рис. 9, *а*). Если линии не совпадают, то угольник неточный (рис. 9, *б*).

Рейсшина состоит из длинной линейки и планки, прикрепленной к линейке под прямым углом (рис. 6, *г*).

Планка рейсшины состоит из двух частей: одной — неподвижно закрепленной и другой — вращающейся на шарнире и закрепляемой под любым углом винтом с гайкой. Подвижную часть планки устанавливают в различные положения для проведения параллельных линий под углами к кромкам доски (рис. 10, *б*).

Положение рейсшины на доске показано на рис. 11. Планку рейсшины левой рукой плотно прижимают к левой кромке доски. Рейсшину перемещают левой рукой, плотно прижимая ее к кромке доски, а правой рукой лишь слегка придерживают линейку рейсшины.

Угольник перемещают по рейсшине правой рукой, а левой придерживают рейсшину. Карандаш слегка наклоняют в сторону движения.

При помощи угольников и рейсшины на чертеже проводят параллельные и перпендикулярные прямые линии разных направлений (рис. 10, *а* и *б*). Вертикальные линии проводят по катету угольника, при этом другой катет перемещается по рейсшине. Линии под углом 45, 60 и 30° проводят по гипотенузе угольника.

Очень удобна для работы **рейсшина на роликах со шнуром** (рис. 10, *в*).

Лекало (рис. 6, *д*) служит для вычерчивания кривых линий. Для работы желательно иметь несколько лекал разной кривизны. Лекало должно иметь совершенно гладкие кромки.

Транспортир (рис. 6, *е*) применяется для откладывания и измерения углов.

Измерительная линейка со скошенными краями, на которых нанесены деления (рис. 6, *и*), служит для измерения размеров на чертеже.

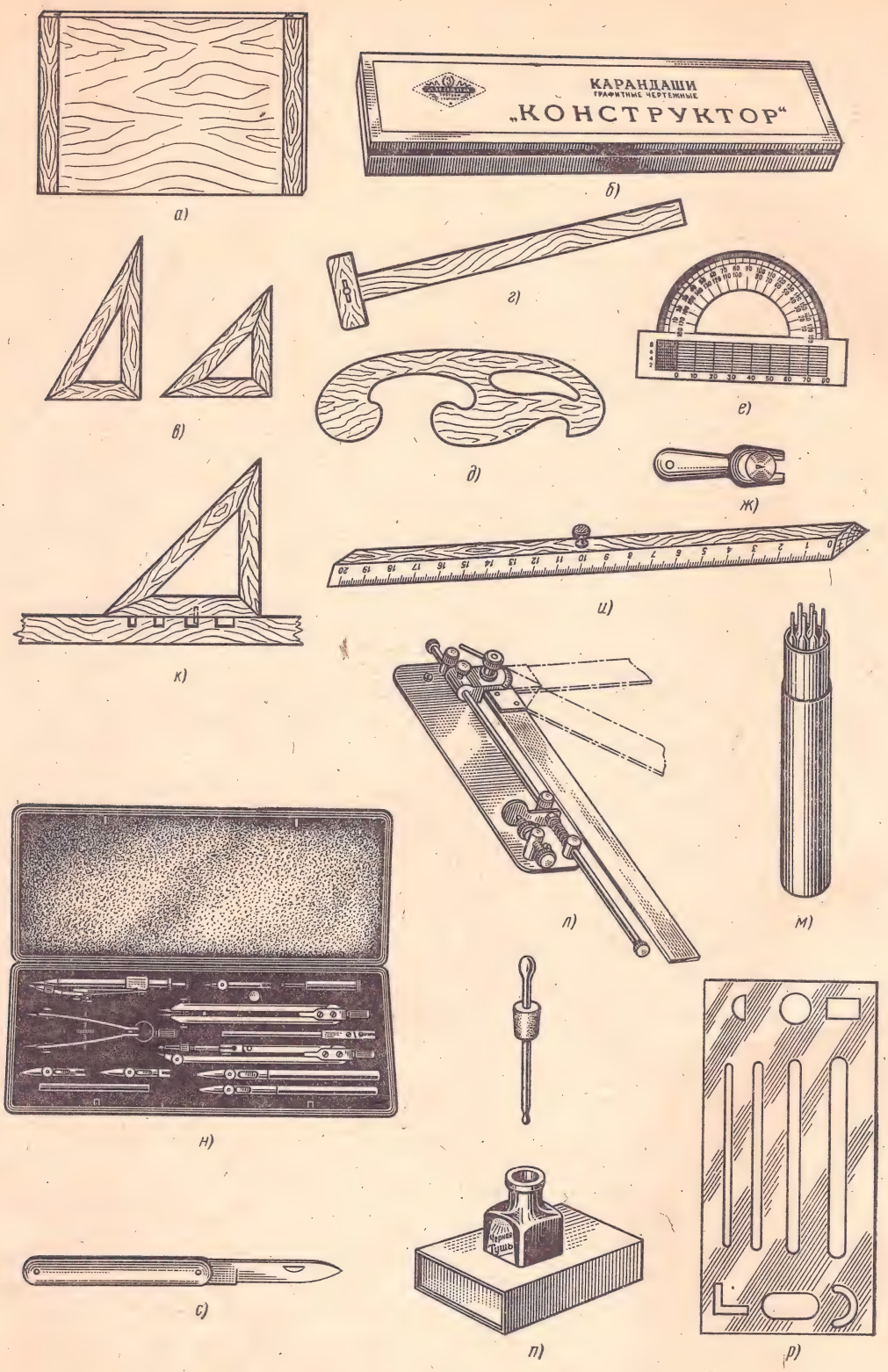


Рис. 6

Рис. 7

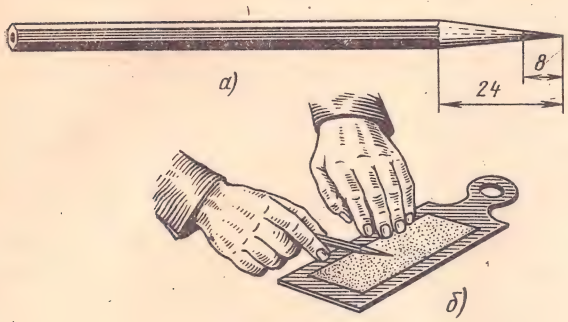


Рис. 8

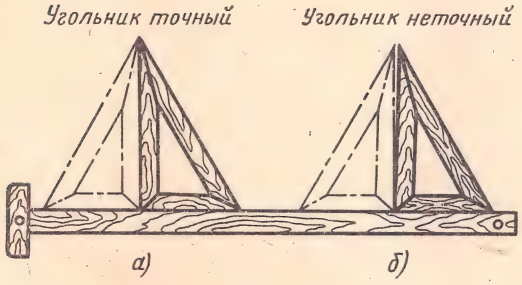


Рис. 9

Прибор для штриховки применяется для быстрого и равномерного проведения линий штриховки под углом 45° к горизонтальной прямой и на одинаковом расстоянии друг от друга. Эти приборы обычно изготовляются самими учащимися. Наиболее прост в изготовлении прибор, показанный на рис. 6, *к*. В катет угольника вставляется короткий металлический стержень (часть тонкого гвоздя без шляпки), а в линейке делается несколько прямоугольных прорезей различной ширины. Глубина прорезей несколько больше длины стержня угольника. Ширина прорезей определяет расстояние между параллельными штрихами.

При работе линейку и угольник перемещают так, чтобы в крайних положениях, когда проводится линия, стержень плотно прикасался к стенке одной из прорезей линейки. После проведения каждого штриха поочередно перемещают линейку и угольник.

При штриховке по угольнику (без прибора) расстояние между линиями штриховки сохранить довольно трудно и, главное, зрение при этом утомляется. Кроме того, даже небольшое отступление от равномерности штриховки портит общее впечатление от чертежа.

Механизированный штриховальный прибор показан на рис. 6, *л*. Этот прибор позволяет выдерживать равные расстояния между линиями штриховки и значительно уменьшает время, затрачиваемое на штриховку.

Готовальня — набор циркулей, рейсфедеров и других инструментов в футляре (рис. 6, *н*). Учащиеся могут пользоваться готовальней № 13 завода «Готовальня», которая содержит необходимый набор инструментов.

Циркуль круговой (рис. 12) применяется для вычерчивания окружностей. В одну ножку циркуля вставляют иглу и закрепляют ее винтом, а в другую — карандашную вставку (рис. 12, *а*) или круговое перо-рейсфедер (рис. 12, *в*) для работы тушью. Для измерения размеров и откладывания их на чертеже применяют вставку с иглой (рис. 12, *б*). При вычерчивании окружностей больших радиусов в ножку вставляют удлинитель (рис. 12, *г* и 14, *в*), в котором закрепляют карандашную вставку или перо-рейсфедер.

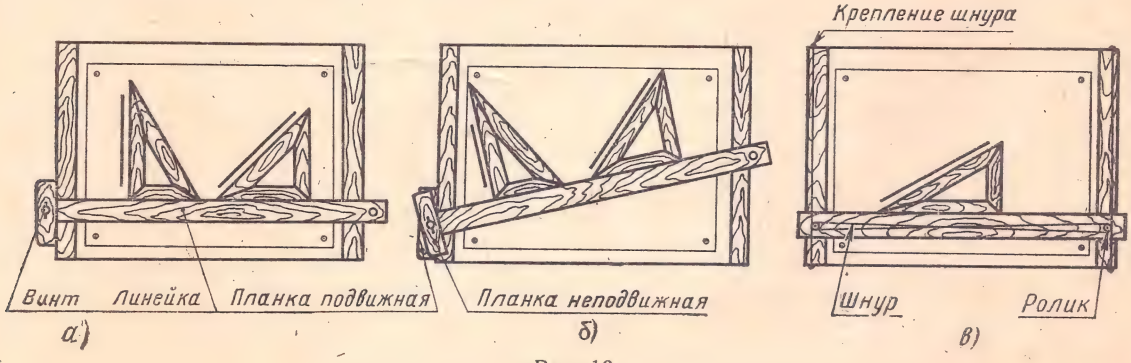


Рис. 10

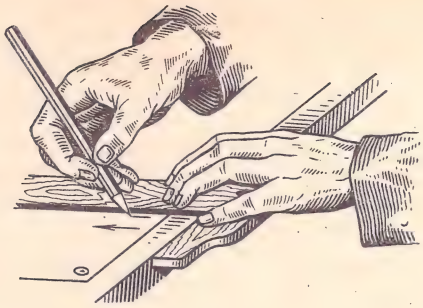


Рис. 11

Кронциркуль (рис. 13, *а* и *б*) служит для вычерчивания окружностей малого диаметра. Вращающаяся ножка для удобства пользования свободно перемещается вдоль оси кронциркуля (рис. 14, *б*).

Циркуль измерительный (рис. 13, *в*, *д* и 15) служит для откладывания размеров на чертеже.

При вычерчивании окружностей циркуль надо брать за головку большим и указательным пальцами правой руки и проводить окружности по часовой стрелке (рис. 14, *а*). При проведении большого количества концентрических окружностей иглу ставят в углубление центрика, имеющего форму кнопки. Это предупреждает повреждение бумаги в центре окружностей (рис. 12, *а*).

Рейсфедер (рис. 13, *г*) применяется для обводки чертежа тушью. Сближением и удалением створок рейсфедера при помощи винта устанавливают различную толщину линий.

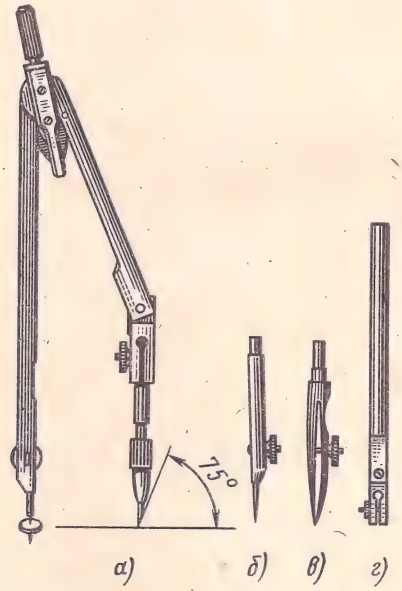


Рис. 12

Проводя линию тушью, следует немного наклонить рейсфедер в направлении движения, оставляя небольшой зазор между пером рейсфедера и нижней кромкой линейки (рис. 16). Наполнять рейсфедер тушью рекомендуется не

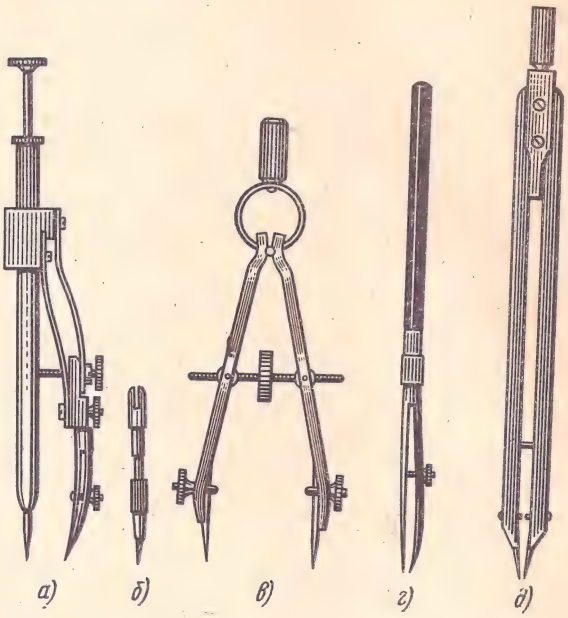
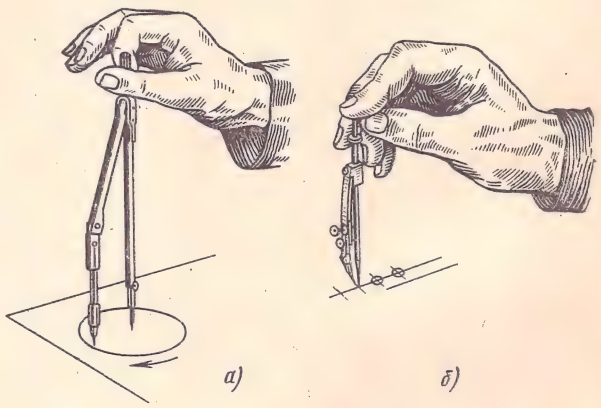


Рис. 13



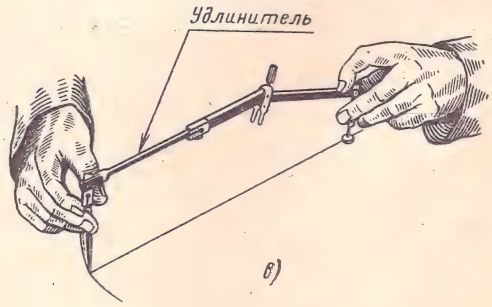


Рис. 14

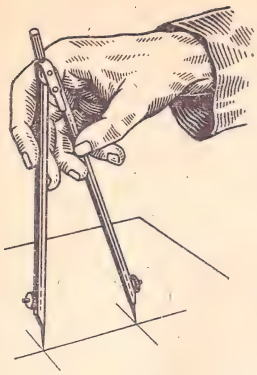


Рис. 15

более, чем на 7—8 мм. Это позволяет избежать заливки чертежа тушью.

Во избежание опрокидывания флакон с тушью надо размещать в устойчивой коробочке (рис. 6, *п*). В пробку флакона вставляют стержень, с помощью которого рейсфедер наполняют тушью.

Трафарет с прорезями разной формы применяется для стирания ошибочно проведенных линий (рис. 6, *р*).

Чертежный стол. Для установки чертежной доски применяется чертежный стол (рис. 17). Стол должен быть устойчив, доска должна плотно прилегать к столу. При наличии чертежного стола лучше применять рейсшину на роликах со шнурами. Для удобного положения чертежника при работе на столе необходимо иметь приспособление для изменения угла наклона доски. К столу крепится полочка для карандашей, инструментов и деталей.

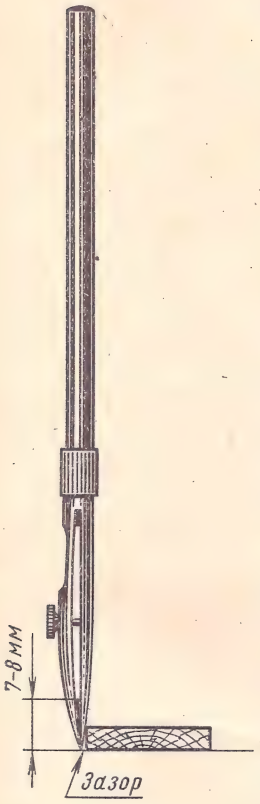


Рис. 16

Конструкции чертежных столов разнообразны, начиная от доски на козлах, переставляемой по высоте с помощью закладки штифтов, и кончая чертежными приборами типа «Кульман» (рис. 18). Такие приборы не требуют применения рейсшины и угольников.

Качество чертежа во многом зависит от качества и наладки инструментов, а также от ухода за ними. Чертежные инструменты и принадлежности необходимо содержать в полной исправности. После работы инструменты следует протереть и убрать в сухое место. Это предупреждает коробление деревянных инструментов и ржавление металлических.

Перед работой следует вымыть руки и протереть мягкой резинкой угольники и рейсшину.

При работе лист чертежной бумаги закрывают листами чистой писчей бумаги и оставляют открытой только ту часть чертежа, где в данное время производится построение.

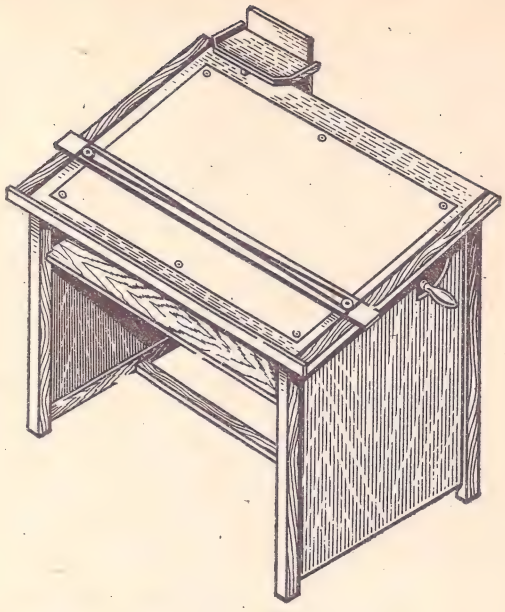


Рис. 17

Для получения навыков в проведении линий и пользовании чертежными инструментами необходимо проделать ряд упражнений. Эти упражнения состоят в проведении горизонтальных линий по рейсшине, вертикальных — при помощи рейсшины и угольника, окружностей — циркулем

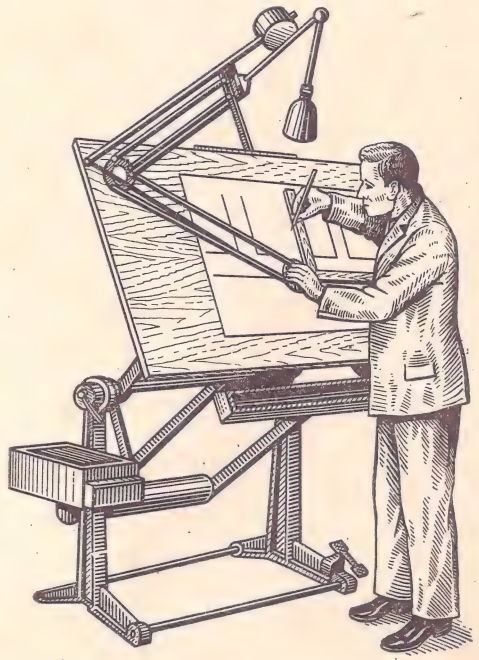


Рис. 18

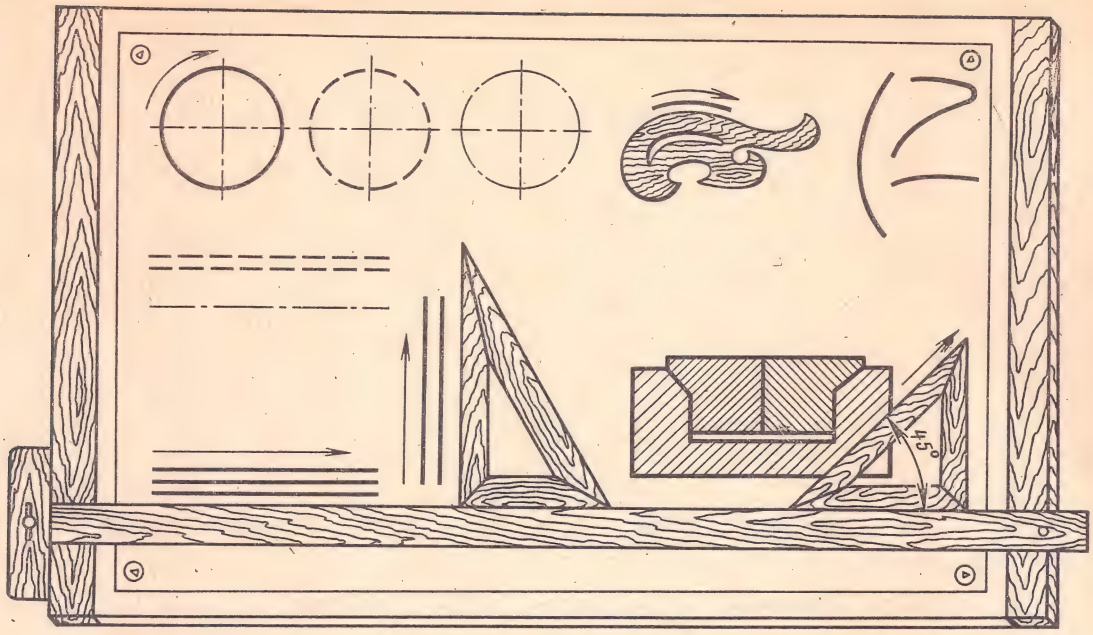


Рис. 19

и кривых по лекалу. Надо твердо усвоить, в каком направлении следует проводить различные линии. Направление линий показано стрелками (рис. 19). Горизонтальные линии проводят слева направо, вертикальные — снизу вверх, окружности и кривые — по часовой стрелке. Центр окружности должен обязательно находиться на пересечении осевых линий (рис. 19).

Штриховку на чертежах выполняют в виде параллельных линий под углом 45° к осевой линии или к линии контура, принимаемой в качестве основной. Наклон линий штриховки может быть как влево, так и вправо. Две соприкасающиеся фигуры штрихуют в разном направлении. Если к двум соприкасающимся фигурам прилегает третья, смежная фигура, то разнообразить штриховку можно увеличением или уменьшением расстояния между линиями штриховки.

ГЛАВА 2

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

§ 1. ПОНЯТИЕ О СТАНДАРТАХ

Стандартизация является важнейшим средством повышения качества машин, станков, приборов, аппаратов. Основной показатель качества — надежность и долговечность изделий.

Техническое и, в частности, машиностроительное черчение является средством отображения на чертеже изделий производства. По мере развития производительных сил общества чертежи изменяются и совершенствуются. Сравнивая чертежи, выполненные в разные периоды промышленного развития, можно заметить существенную разницу между ними. Таким образом, совершенствование чертежа является отражением процесса промышленного развития. Это совершенствование осуществляется путем отхода от действительного изображения изделия в сторону упрощения чертежа, введением многих условностей.

В первые годы Советской власти различные организации и предприятия ввиду отсутствия единых норм и правил выполняли чертежи различно, поэтому с первых шагов по индустриализации страны потребовались неотложные меры по единообразию построения чертежей. Это привело к созданию в 1928 г. общесоюзных стандартов на чертежи. По мере развития науки и техники эти стандарты несколько раз пересматривались и дополнялись новыми.

В дальнейшем стандарты были пересмотрены, дополнены рядом новых и в 1968 г. утверждены Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР под общим названием Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

Все стандарты ЕСКД распределены по группам:

группа 0 — общие положения;

группа 1 — основные положения;

группа 2 — классификация и обозначение изделий в конструкторских документах;

группа 3 — общие правила выполнения чертежей;

группа 4 — правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения;

группа 5 — правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений);

группа 6 — правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации;

группа 7 — правила выполнения схем;

группа 8 — правила выполнения документов строительных и судостроения;

группа 9 — прочие стандарты.

Все стандарты ЕСКД имеют обозначения по следующей структуре: «ГОСТ 2.ХХХ—ХХ», где

2 — номер, присвоенный всем стандартам ЕСКД;

ХХХ — номер группы стандартов по их классификации (см. выше) и порядковый номер, начиная с 01, в пределах данной группы;

ХХ — два последних знака — год утверждения стандарта.

В ежемесячнике «Информационный указатель стандартов» (ИУС) публикуются сведения о всех новых утвержденных стандартах и об изменениях в прежних. При наличии изменений к цифровому обозначению стандарта справа добавляется знак *. Так, например, обозначение ГОСТ 397—66* говорит о том, что в этот стандарт внесено изменение и его содержание несколько отличается от прежнего, что обязательно следует учитывать при пользовании стандартом. Комитетом стандартов выпускается ежегодник — указатель всех действующих стандартов на 1 января. Этим указателем также следует пользоваться.

Стандарты ЕСКД разработаны с максимальным упрощением конструкторской документации без ущерба для ясности и охватывают не только машиностроение, но и приборо- и аппаратостроение, производство крупногабаритных изделий (корпусов кораблей и самолетов и др.), а также строительное дело.

Государственные стандарты в СССР узаконены, поэтому при выполнении чертежей обязательно их использование всеми учащимися [1].

§ 2. ФОРМАТЫ

Чертежи для всех отраслей промышленности и строительства выполняют на бумаге определенных форматов. Размеры форматов установлены ГОСТом 2.301—68.

Применение стандартных форматов позволяет экономно использовать бумагу, способствует удобному хранению чертежей и их брошюровке в альбомы.

Форматы разделяются на основные и дополнительные. Формат с размерами сторон 1189 × × 841 мм площадью 1 м² и другие форматы, полученные последовательным делением его на две

[1] Согласно приказу Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 634 от 17 сентября 1970 г. в учебном процессе допустимы отклонения от некоторых ГОСТов, устанавливаемые предметными комиссиями средних специальных учебных заведений. Данный учебник написан с учетом этих отклонений.

Таблица 1

Основные форматы чертежей
(по ГОСТу 2.301—68)

Обозначение формата	44	24	22	12	11
Размеры сторон формата в мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210
Соответствующее обозначение потребительского формата бумаги по ГОСТу 9327—60 (для справок)	A0	A1	A2	A3	A4

равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные (табл. 1).

Дополнительные форматы образуются увеличением сторон основных форматов на величину, кратную размерам формата 11, как показано на схеме построения форматов (рис. 20). При этом коэффициент увеличения n должен быть целым числом.

На схеме (рис. 20) стрелками показаны возможные направления увеличения форматов. Основные форматы показаны сплошными основными линиями, дополнительные — сплошными тонкими.

Обозначения форматов состоят из двух цифр (чисел). Первая цифра указывает кратность одной стороны формата величине 297 мм, а вторая — кратность другой стороны формата величине 210 мм.

Формат 11 имеет размеры сторон 297 × 210 мм. Каждый последующий формат составлен из форматов 11, например, формат 12 составлен из двух форматов 11, примыкающих друг к другу длинной стороной (рис. 20). Формат 22 составлен из четырех форматов 11.

Произведение цифр (чисел), составляющих обозначение формата, определяет количество форматов 11, содержащихся в данном формате, например, формат 24 содержит 2 × 4 = 8 форматов 11.

При обозначении дополнительных форматов двузначное число, указывающее кратность одной из сторон соответствующим сторонам формата 11, отделяется точкой, например: формат 11.4 (3270 × 841 мм).

Форматы листов чертежей определяются размерами внешней рамки, выполняемой тонкими сплошными линиями.

§ 3. ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ ЧЕРТЕЖА

На производственных и учебных чертежах в нижнем правом углу листа размещается основная надпись чертежа, где содержатся название предприятия или учебного заведения, наименование чертежа, даты, подписи и пр. (рис. 21).

Внутри формата выполняют сплошными линиями рамку чертежа на расстоянии 5 мм от края с трех сторон. Слева оставляют для брошюровки полосу шириной 20 мм (рис. 21).

На листах формата 11 (по ГОСТу 2.301—68) основную надпись располагают только вдоль короткой стороны (рис. 21, *а*), а на других форматах — справа вдоль короткой или длинной сторон листа (рис. 21, *б*, *в* и *г*).

Для того чтобы быстро найти на чертеже составную часть изделия, чертежи, выполненные на больших форматах, рекомендуется разбивать на зоны (рис. 21, *г*). Зоны обозначают сочетанием букв и цифр, например: А1, В4, С5 и т. д.

Размеры и содержание основной надписи определены ГОСТом 2.104—68. Имеются две формы основной надписи. Форма № 1 (рис. 22) применяется для чертежей и схем.

Основная надпись разделена на графы определенных размеров. Эти размеры и номер графы (в кружке) показаны на рис. 22.

На чертежах по геометрическому и проекционному черчению заполняют следующие графы основной надписи:

графа 1 — наименование чертежа;

графа 2 — обозначение чертежа, состоящее из индекса раздела курса черчения, например: ГЧ — геометрическое черчение, ПЧ — проекционное и т. д.; справа от индекса ставится номер варианта и порядковый номер чертежа, например: ГЧ.06.22.

Обозначение чертежа вписывают также в рамку, расположенную в верхнем левом углу чертежей формата 11 и форматов, больших 11, если основная надпись расположена вдоль длинной стороны листа (рис. 21, *а* и *б*). В этом случае обозначение повертывают на 180°. Если основная надпись на чертежах форматов, больших 11, расположена вдоль короткой стороны листа, то рамку располагают в верхнем правом углу чертежа (рис. 21, *в*), а обозначение повертывают на 90°;

графа 4 — литера чертежа — буква «У» (учебный);

графа 6 — масштаб изображения на чертеже;

графа 9 — название учебного заведения и шифр группы учащегося;

графа 10 — характер работы, выполненной лицом, подписавшим чертеж, например: проектировал, консультировал, чертил, принял;

графа 11 — фамилии лиц, подписавших чертеж;

графа 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;

графа 13 — дата подписания чертежа.

Остальные графы на чертежах по геометрическому и проекционному черчению не заполняют. Основную надпись на машиностроительных чертежах заполняют более подробно, о чем будет сказано в соответствующей главе.

§ 4. ЛИНИИ

Все чертежи выполняют линиями различного назначения, начертания и толщины по ГОСТу 2.303—68.

Толщина линий зависит от величины, сложности и назначения чертежа.

ГОСТом установлены следующие типы линий: сплошная (основная, тонкая и волнистая), штриховая, штрихпунктирная (тонкая и утолщен-

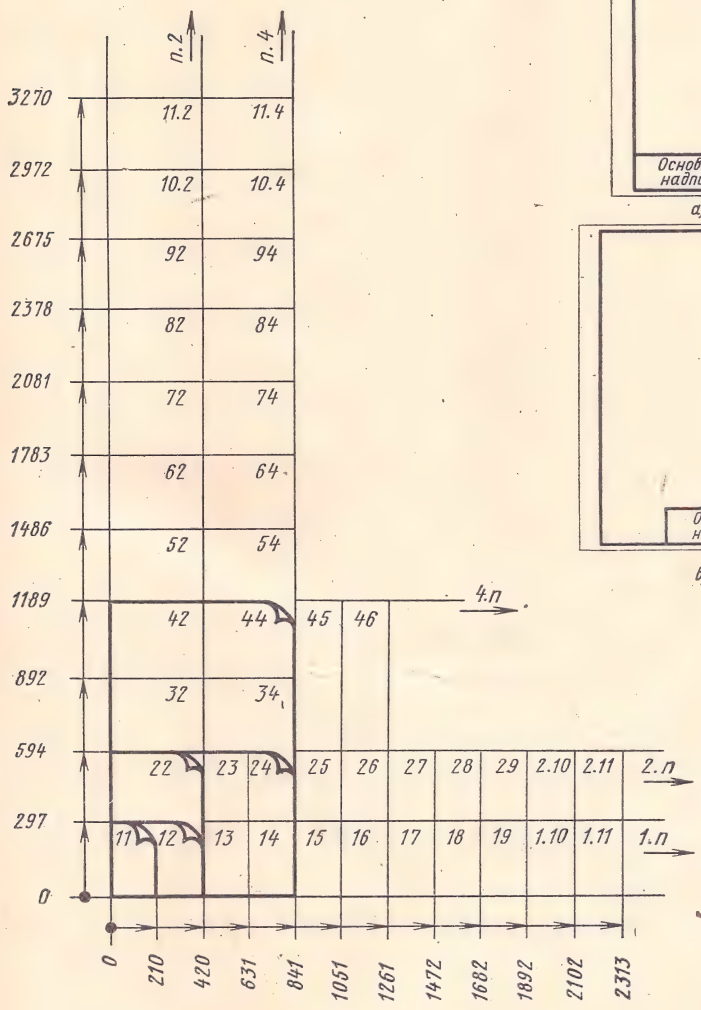


Рис. 20

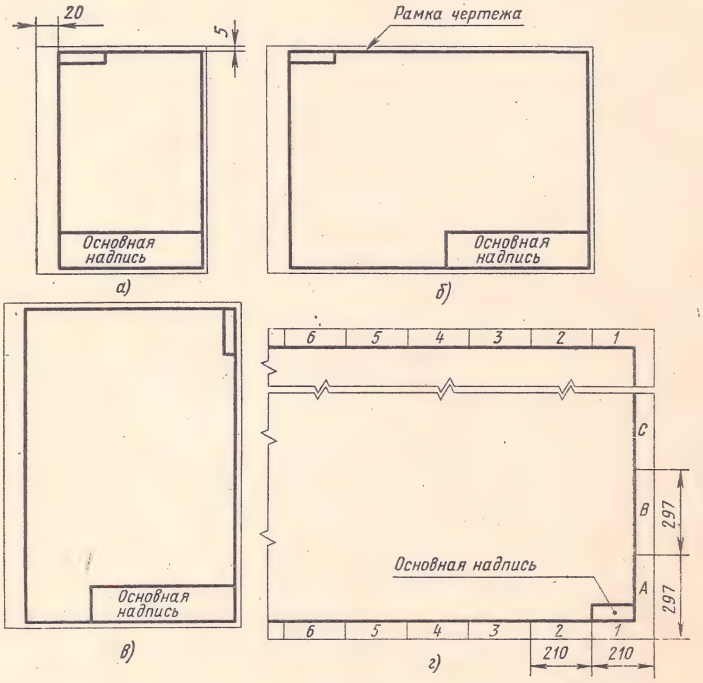


Рис. 21

ная), линия с изломами и разомкнутая (табл. 2). На изображении пробки (рис. 23) показано применение линий по ГОСТу 2.303—68.

Сплошная основная линия применяется для изображения видимого контура предмета, линий пересечения одной поверхности с другой и контура сечения (вынесенного или входящего в состав разреза). Толщину сплошных основных линий следует выбирать от 0,6 до 1,5 мм в зависимости от размеров и сложности изображения, а также от формата чертежа. Выбранная

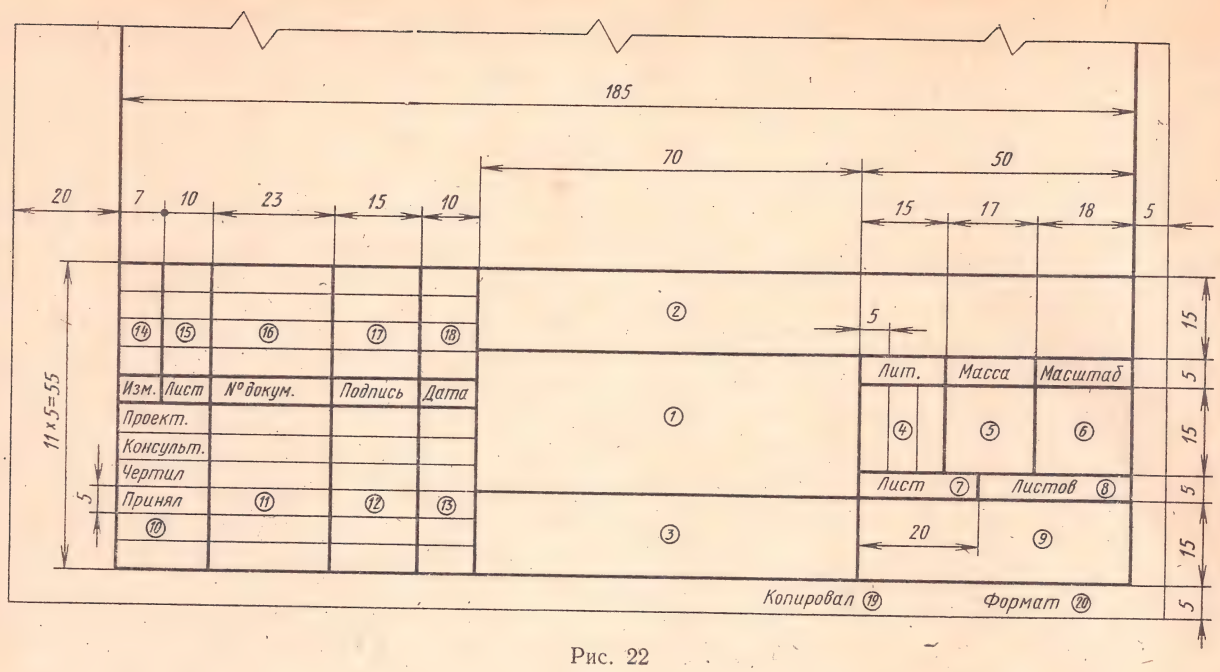


Рис. 22

толщина линии должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Сплошная тонкая линия предназначена для проведения осей проекций, следов плоскостей, линий построения характерных точек при специальных построениях, выносных и размерных линий. Сплошной тонкой линией указывают линии сгиба на развертках (рис. 24). Эта же линия применяется для штриховки разрезов и сечений. Расстояние между линиями штриховки принимают от 1 до 10 мм в зависимости от величины площади штриховки. Линии контура наложенного сечения, линии-выноски, полки линий выносок и подчеркивание надписей, линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях, линии для изображения пограничных деталей («обстановка»), воображаемые линии перехода также должны выполняться сплошными тонкими.

Волнистой линией показывают линии обрыва и линии разграничения вида и разреза.

Штриховую линию применяют для изображения на чертежах линий невидимого контура и невидимых линий перехода.

Штрихпунктирной тонкой линией проводят осевые и центровые линии, линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Штрихпунктирная тонкая линия применяется для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях, а также для изображения развертки, совмещенной с видом. На рис. 25 показано применение штрихпунктирной тонкой линии для изображения крайнего положения маятника.

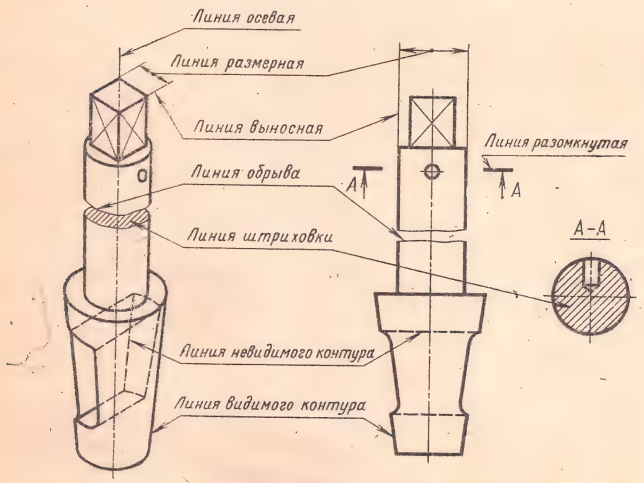


Рис. 23

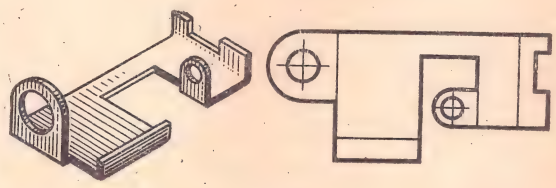


Рис. 24

Таблица 2

Линии чертежа
(по ГОСТу 2.303—68)

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине сплошной основной линии
Сплошная основная		s
Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Сплошная волнистая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Штриховая	2...8; 1...2	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Штрих-пунктирная тонкая	5...30; 3...5	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Штрих-пунктирная утолщенная	3...8; 3...4	От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$
Разомкнутая	8...20	От s до $1\frac{1}{2}s$
Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$

Утолщенная штрихпунктирная линия применяется для обозначения поверхности, подлежащей термической обработке или покрытию, а также для изображения элементов предмета, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»).

Разомкнутую линию применяют для линий сечений.

§ 5. ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ

Надписи на чертежах выполняют от руки шрифтом по ГОСТу 2.304—68. Если надписи на чертежах сделаны небрежно или неразборчиво, то при изготовлении деталей по таким чертежам возможны ошибки.

053748

ГОСТ 2.304—68 устанавливает начертание прописных и строчных букв для русского (рис. 26), латинского (рис. 27), греческого (рис. 28) алфавитов и арабских и римских цифр (рис. 29 и 30). Чтобы овладеть навыками в начертании шрифта, необходимо изучить и запомнить конструкцию и размеры элементов букв и цифр, проделать ряд упражнений возрастающей сложности, после чего можно приступить к выполнению надписей на чертежах.

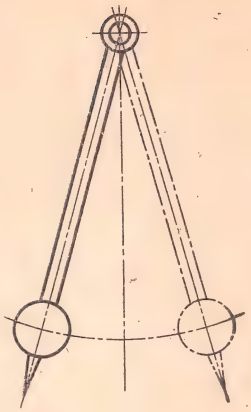


Рис. 25

ГОСТ 2.304—68 устанавливает следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Наиболее употребительные размеры шрифта показаны на рис. 31.

Размер шрифта определяется высотой прописных (заглавных) букв h в мм. Наклон букв к основанию строки должен быть равен 75° (рис. 31).

Наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа допускается писать без наклона (кроме букв греческого алфавита), как показано на рис. 32.

Соотношение между высотой h (размером шрифта) и остальными размерами букв русского алфавита для шрифтов всех размеров приведено на рис. 33 и в табл. 3. Расстояния между буквами, словами и строками приведены в табл. 4.

На рис. 26 представлены примеры начертания основного и широкого шрифтов русского алфавита и показана конструкция прописных и строчных букв.

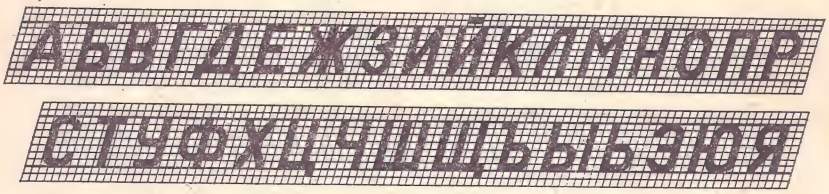
На машиностроительных чертежах надписи выполняют основным шрифтом. Широкий шрифт применяется на строительных чертежах.

Для освоения конструкции букв и цифр и способа их построения предварительно выполняют тонкими линиями сетку, в которую вписывают буквы и цифры. Наклонные линии для сетки проводят через намеченные точки при помощи двух угольников: одного с углами 45° и другого с углами 30 и 60° (рис. 34).

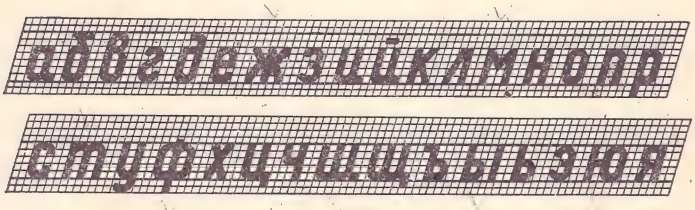
Так как все размеры букв пропорциональны величине $^1/_7\ h$, сетка составлена из восьми горизонтальных линий и ряда параллельных прямых, наклоненных к основанию строки под углом 75°. Из приведенных образцов видно, какое количество клеток приходится на ширину и толщину буквы. Отношение ширины и высоты букв основного шрифта равно 4 : 7, а широкого шрифта — 5 : 7.

Основной шрифт с наклоном

Прописные буквы

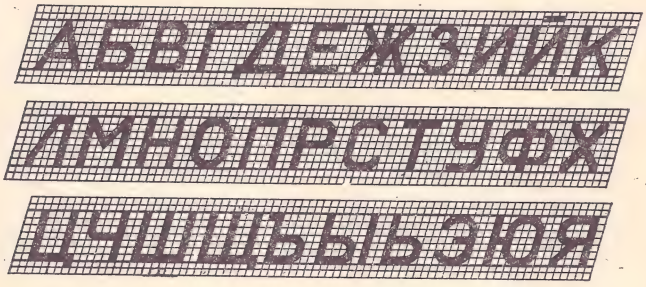


Строчные буквы



Широкий шрифт с наклоном

Прописные буквы



Строчные буквы

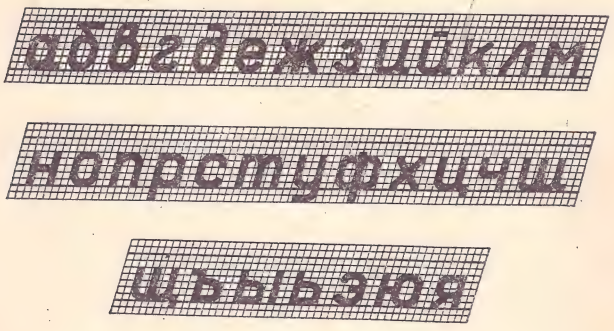
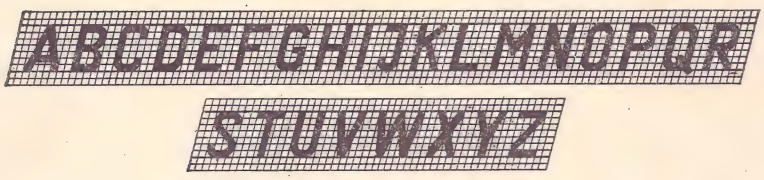


Рис. 26

Основной шрифт с наклоном

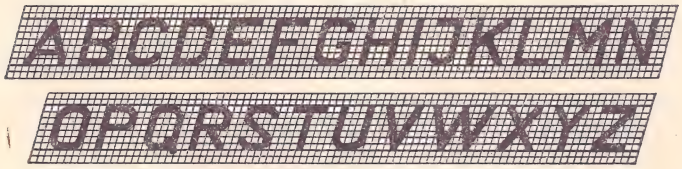
Прописные буквы



Строчные буквы

Широкий шрифт с наклоном

Прописные буквы



Строчные буквы

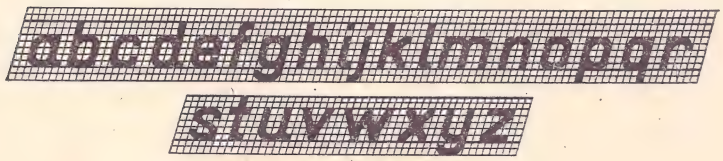


Рис. 27

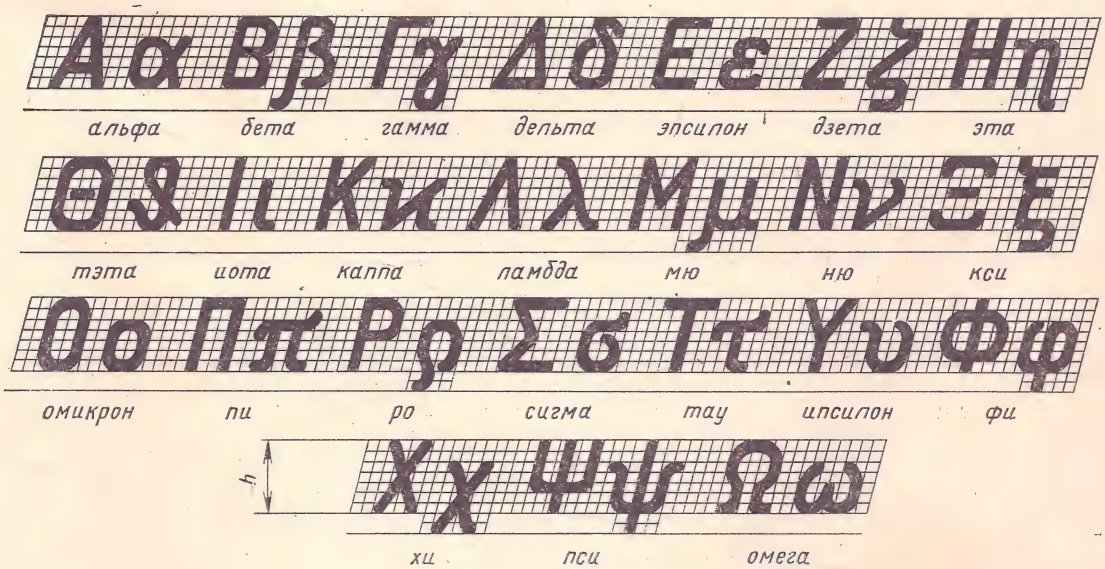


Рис. 28

Таблица 3

Размеры букв русского алфавита и цифр
(по ГОСТу 2.304—68)

Определяемая величина	Обозначение	Соотношение размеров	Размеры букв и цифр в мм в зависимости от размера шрифта					
			2,5	3,5	5	7	10	14
Прописные буквы и цифры:								
высота букв и цифр	h	—	2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв и цифр, кроме букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю, и цифры 1	b	$^4/_7\,h$	1,4	2	2,8	4	5,7	8
то же, для широкого шрифта	$b_{ш}$	$^5/_7\,h$	1,8	2,5	3,6	5	7	10
ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	b_1	$^6/_7\,h$	2,1	3	4,3	6	8,6	12
то же, для широкого шрифта	$b_{1ш}$	h	2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв А, М	b_2	$^5/_7\,h$	1,8	2,5	3,6	5	7	10
то же, для широкого шрифта	$b_{2ш}$	$^6/_7\,h$	2,1	3	4,3	6	8,6	12
Ширина цифры 1	b_3	$^2/_7\,h$	0,7	1	1,4	2	2,9	4
Строчные буквы:								
высота букв, кроме букв б, в, д, р, у, ф	h_1	$^5/_7\,h$	—	2,5	3,6	5	7	10
высота букв б, в, д, р, у, ф	h	—	—	3,5	5	7	10	14
ширина букв, кроме букв ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_4	$^3/_7\,h$	—	1,5	2,1	3	4,3	6
то же, для широкого шрифта	$b_{4ш}$	$^4/_7\,h$	—	2	2,8	4	5,7	8
ширина букв ж, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_5	$^5/_7\,h$	—	2,5	3,6	5	7	10
то же, для широкого шрифта	$b_{5ш}$	$^6/_7\,h$	—	3	4,3	6	8,6	12
ширина буквы м	b_6	$^4/_7\,h$	—	2	2,8	4	5,7	8
то же, для широкого шрифта	$b_{6ш}$	$^5/_7\,h$	—	2,5	3,6	5	7	10
Толщина линий букв и цифр	s	$^1/_7$—$^1/_{10}\,h$	0,4—0,25	0,5—0,35	0,7—0,5	1—0,7	1,4—1	2—1,4
Высота индексов, показателей степени, предельных отклонений	h_2	0,5—0,7 h, но не менее 2,5 мм	2,5	2,5	2,5—3,5	3,5—5	5—7	7—10

Таблица 4

Расстояния между буквами, словами и строками
(по ГОСТу 2.304—68)

Определяемая величина	Обозначение	Соотношение размеров	Расстояния в мм в зависимости от размера шрифта					
			2,5	3,5	5	7	10	14
Расстояния между буквами, цифрами и знаками	A	$^2/_7\,h$	0,7	1	1,4	2	3	4
Расстояния между словами и числами	A_1	Не менее ширины букв текста						
Расстояния между основаниями строк	A_2	не менее 1,5 h	3,8	5,3	7,5	10,5	15	21

Основной шрифт с наклоном

Широкий шрифт с наклоном

Рис. 29

Основной шрифт с наклоном

Рис. 30

В левой части рис. 35 буквы вписаны в сетку с многочисленными вспомогательными линиями, в правой части — в упрощенную сетку с двумя горизонтальными линиями.

Буквы разделены на три группы (рис. 35). Как видно из этого рисунка, при начертании букв первой группы проводят только две горизонтальные вспомогательные линии на расстоянии, равном h. При написании букв второй группы посредине между двумя горизонтальными линиями проводят еще одну линию, на которой должны располагаться средние элементы букв. Наконец, при начертании букв третьей группы проводят две горизонтальные линии на расстоянии от верхней и нижней линий $^2/_7h$. Эти линии указывают границы скругленных частей букв.

Начертание строчных букв русского алфавита представлено на рис. 36. Буквы разделены на две группы.

При кажущемся увеличении промежутков между некоторыми прописными буквами (например, между буквами Р и А в слове «трактор» на рис. 32) эти промежутки надо уменьшать до размера, равного толщине линий букв.

Если в одном слове имеются прописные и строчные буквы, допускается выполнять их одинаковой ширины (рис. 34).

На машиностроительных чертежах надписи обычно выполняют шрифтами малых размеров — от 7 и менее. Для надписывания чертежей, обведенных тушью, размеры шрифтов выбирают от 7 до 2,5; для чертежей, выполненных в карандаше, размер шрифта должен быть не менее 3,5.

Буквы и цифры на чертежах обводят мягким карандашом в определенном направлении.

Толщину обводки надо брать по табл. 3 в зависимости от размера шрифта h, как показано на рис. 31. Надписи шрифтом большого и среднего размеров обводят тупым карандашом (рис. 37, *а* и *б*), а мелкие буквы и цифры — остро заточенным карандашом (рис. 37, *в* и *г*).

Надписи тушью выполняют специальными перьями-воронками (рис. 38, *а*), чертежными перьями (рис. 38, *б*) или набором стеклянных трубочек (рис. 38, *в*). Диаметр отверстия тонкого конца стеклянной трубочки соответствует толщине обводки букв определенного размера шрифта. Для удобства работы можно загнуть конец трубочки (рис. 38, *в*), нагревая ее в пламени горелки.

При работе стеклянными трубочками не следует класть их с остатками туши на чертежную доску. Конец трубочки надо опустить во флакон с тушью, иначе засохшая тушь сделает трубочку непригодной для работы. После окончания работы нужно промыть трубочку водой.

Рис. 31

Рис. 32

На рис. 39 показана разметка строк для выполнения упражнения по написанию стандартного шрифта 10.

Вначале нужно заготовить лист бумаги стандартного формата 11 с рамкой на расстоянии 5 мм от краев сверху, справа и снизу и 20 мм слева.

Последовательность выполнения упражнения прописными буквами шрифтом 10 следующая. Проводят все вспомогательные вертикальные прямые линии, определяющие границы строчек шрифта (на расстоянии 20 мм от рамки). Расстояния между строчками откладывают, как показано на рис. 39. Далее надо отложить высоту шрифта, т. е. 10 мм. На основаниях полученных строк

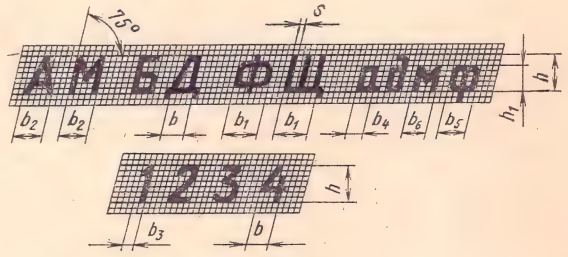


Рис. 33

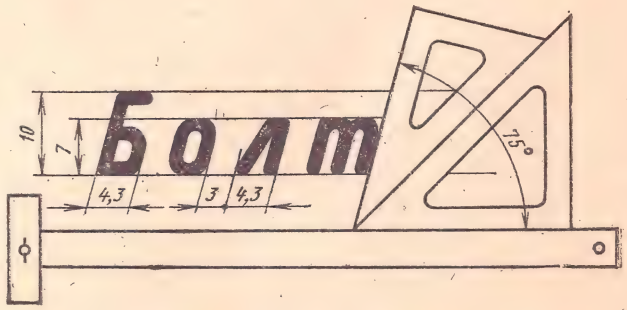


Рис. 34

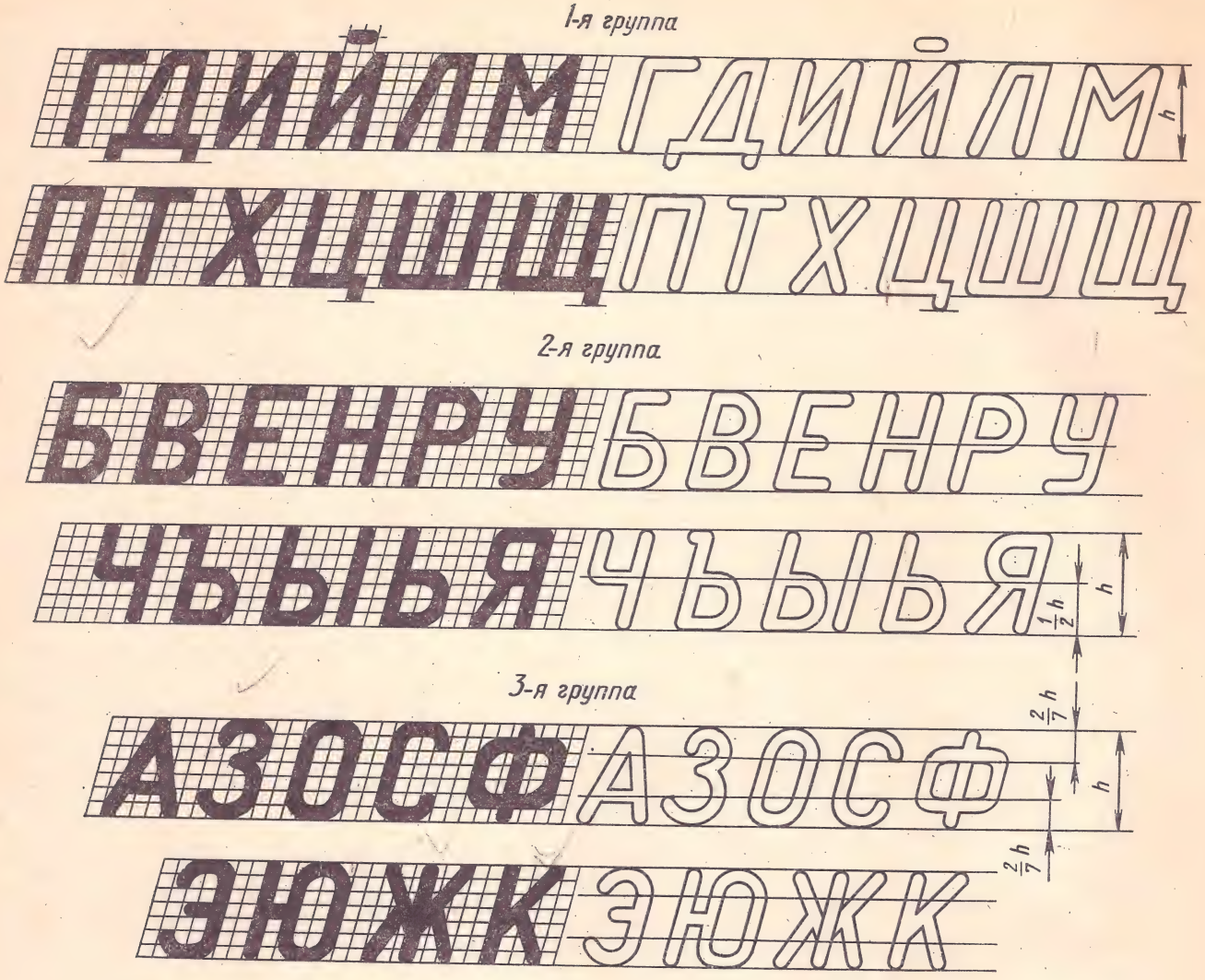


Рис. 35

следует отложить расстояния, равные 8,7 мм. Это расстояние является суммой ширины буквы (5,7 мм) и расстояния между буквами (3 мм). Для широких букв вместо 8,7 мм нужно откладывать 11,6 мм. При разметке строки следует учитывать сочетания букв типа РА, ГА, ТА и т. п.

После выполнения упражнений в написании шрифтов и освоения этого процесса надписи на чертежах необходимо выполнять без построения сеток, от руки, соблюдая наклон букв и соотношения их элементов по ГОСТу. При этом допускается проводить только горизонтальные вспомогательные линии.

§ 6. МАСШТАБЫ

Чертежи, на которых изображения выполнены в натуральную величину, дают правильное представление о действительных размерах детали. Однако при очень малых размерах деталей или, наоборот, при слишком больших приходится их изображение увеличивать или уменьшать, т. е. вычерчивать в масштабе.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения детали к действительным размерам изображаемой детали. Масштаб чертежа должен выбираться из следующего ряда (по ГОСТу 2.302—68):

Масштабы уменьшения	1 : 2;	1 : 2,5;	1 : 4;	1 : 5;	1 : 10;	1 : 15;	1 : 20;	1 : 25
Натуральная величина				1 : 1				
Масштабы увеличения	2 : 1;	2,5 : 1;	4 : 1;	5 : 1;	10 : 1;	20 : 1		

Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т. д., а в остальных случаях — по типу М1 : 1; М1 : 2; М2 : 1 и т. д.

Если деталь вычерчена в масштабе 1 : 1 (рис. 40, *б*) и нужно построить ее изображение в масштабе 1 : 2, то для ускорения работы применяют угловой (пропорциональный) масштаб, который строят следующим образом (рис. 40, *а*). Радиусом $R = 100$ мм из любой точки O описывается дуга окружности, которая ограничивается двумя радиальными прямыми: одна прямая OA произвольного направления, а вторая проводится через точку m пересечения дуги радиуса $R = 100$ мм с дугой радиуса $R_1 = 50$ мм, описанной из точки A.

На полученном угловом масштабе из центра O проводят дуги радиусами, равными размерам детали (например, размеру C). Расстояние kn равно 0,5 C (по хорде) и т. д.

При масштабе М1 : 5 радиус $R_1 = \frac{R}{5} = \frac{100}{5} = 20$ мм; при М1 : 2,5 радиус $R_1 = \frac{R}{2,5} = \frac{100}{2,5} = 40$ мм и т. д.

§ 7. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

При нанесении размеров нужно помнить, что на всех чертежах, независимо от их масштаба, проставляют действительные размеры изделий. На машиностроительных чертежах линейные размеры принято проставлять в миллиметрах без указания единицы измерения.

Если на чертеже размеры надо указать не в мм, а в других единицах измерения (например, в см, м и др.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения

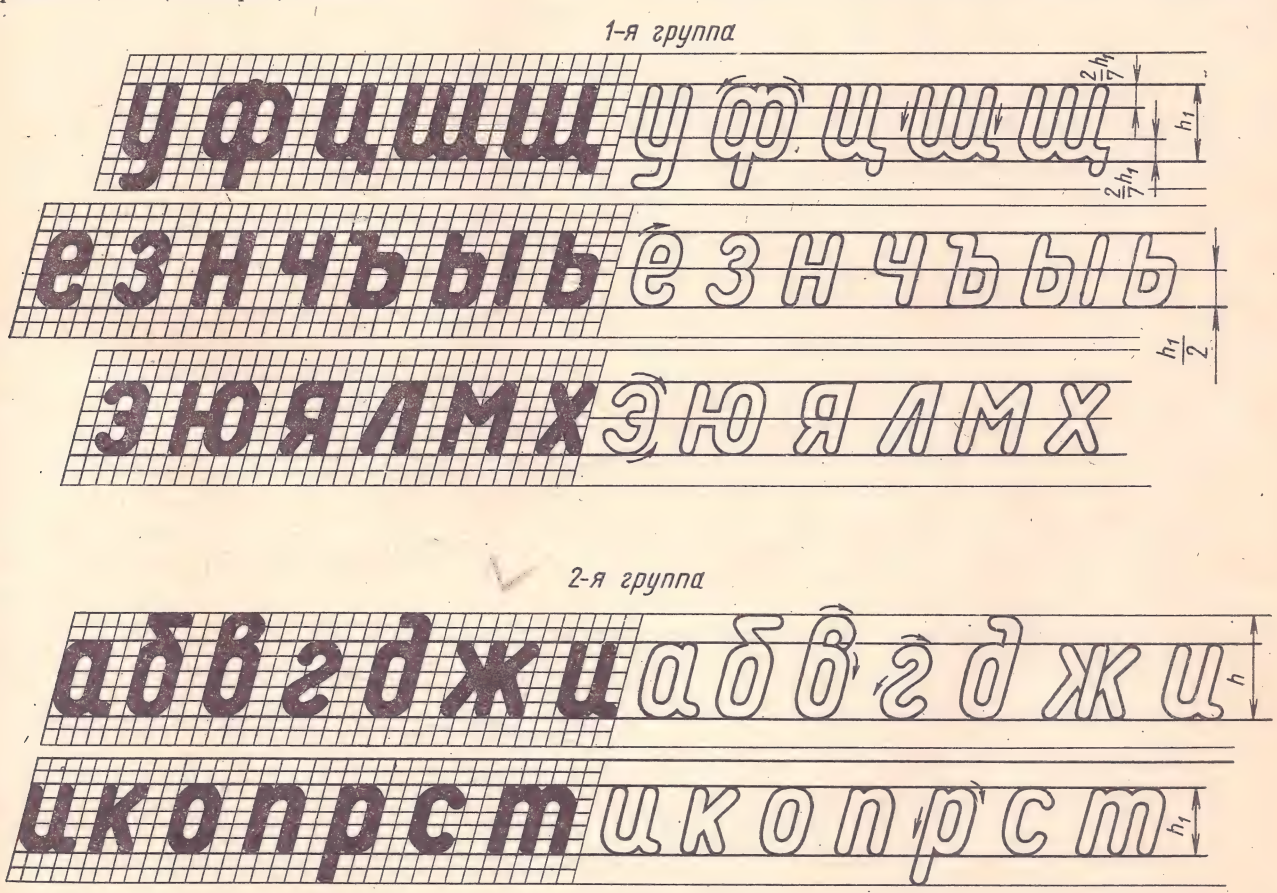


Рис. 36

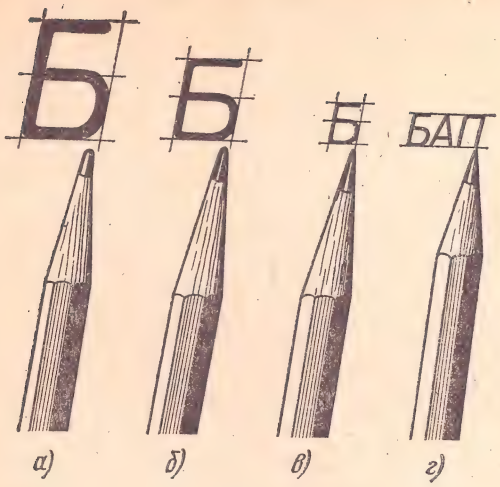


Рис. 37

или указывают их в технических требованиях (см. часть IV — машиностроительное черчение).

Стрелки, ограничивающие размерные линии, должны упираться острием в соответствующие линии контура или в выносные или осевые линии. Величина стрелки выбирается в зависимости от толщины s линий видимого контура предмета и должна быть приблизительно одинакова для всех размерных линий чертежа. Форма стрелки показана на рис. 41.

Размерные числа на чертеже следует писать шрифтом одного размера. Размерные числа надо надписывать над размерной линией, параллельно ей и возможно ближе к середине (рис. 42).

Каждый размер на чертеже указывают только один раз; повторение размера не допускается.

Размерную линию проводят параллельно тому отрезку, линейный размер которого указывают. Выносные линии, а также осевые, заменяющие их, проводят перпендикулярно к размерным.

Размерные линии не должны являться продолжениями линий контура, центровых и выносных линий. Линии контура, осевые, центровые и выносные не должны использоваться в качестве размерных.

Нанесение размерных линий диаметров окружностей, радиусов дуг окружностей и размерных чисел на них показано на рис. 42 и 43.

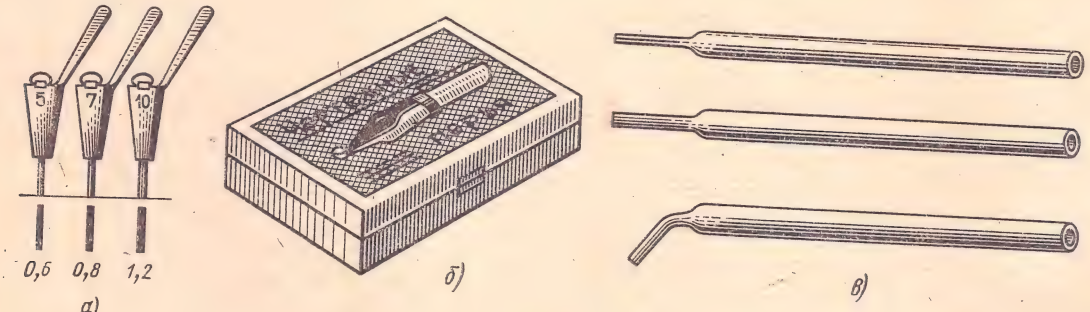


Рис. 38

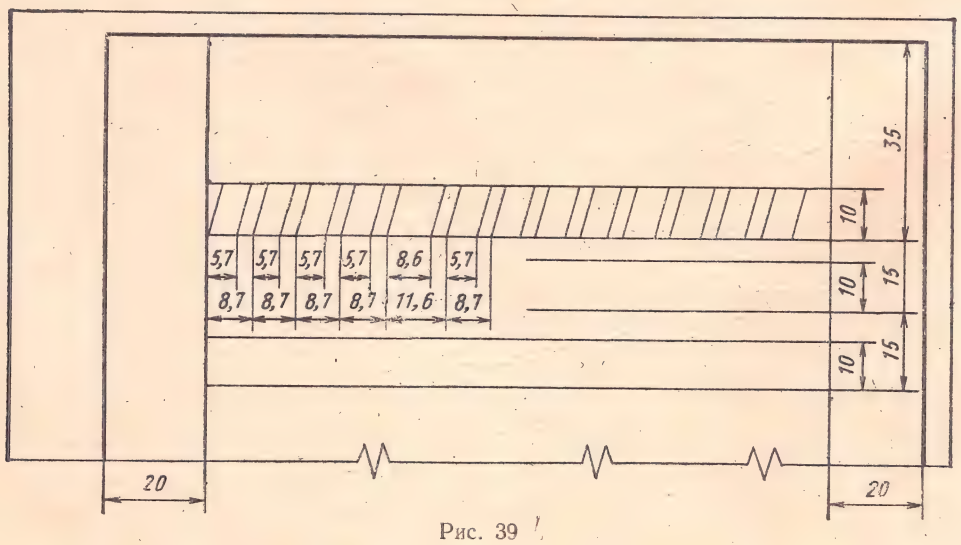


Рис. 39

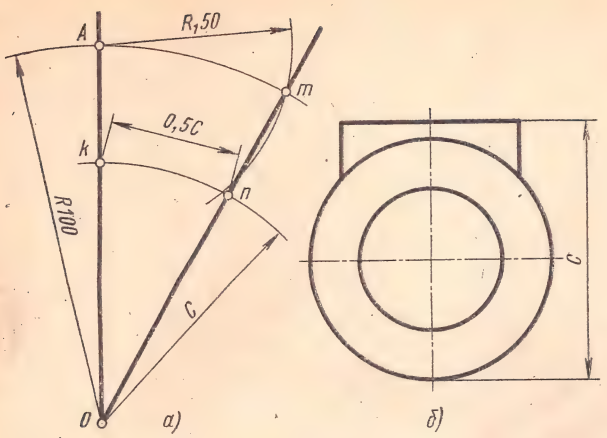


Рис. 40

Во всех случаях при указании диаметра окружности перед размерным числом ставится знак ⌀, который представляет собой окружность, пересеченную штрихом под углом 75°. Высота знака равна высоте цифры (рис. 44).

При простановке размера радиуса дуги окружности перед размерным числом всегда ставится прописная буква R (см. рис. 44).

Размерные линии желательно (но необязательно) проводить вне контура чертежа. Размерные линии не должны пересекаться с выносными линиями.

При указании диаметра окружности размерные линии допускается проводить с обрывом. Обрыв линии делают дальше центра окружности (см. размер ⌀ 62 на рис. 42).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рис. 45, *а*; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их проставляют, как показано на рис. 45, *б*.

При большой величине радиуса центр дуги окружности допускается приближать к дуге.

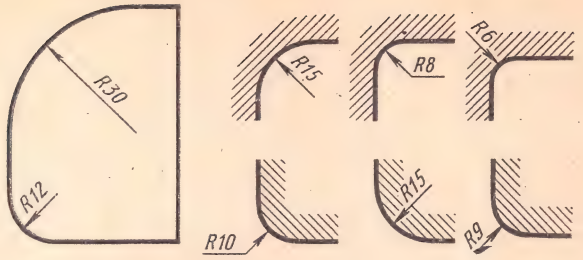


Рис. 43

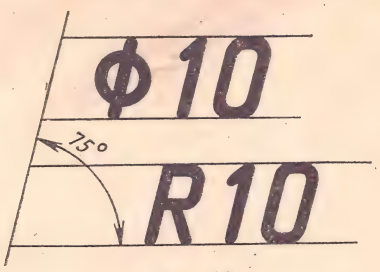


Рис. 44

В этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (см. размер R 135 на рис. 46). Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (см. размер R150 на рис. 46).

Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы также наносят знаки ⌀ или R (рис. 47, *а*). Перед размерным числом можно делать надпись *Сфера* в случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от иных геометрических поверхностей (рис. 47, *б*).

При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом

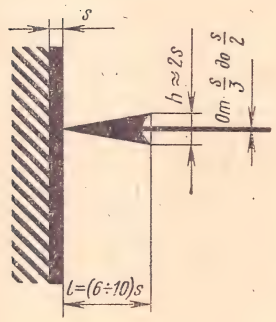


Рис. 41

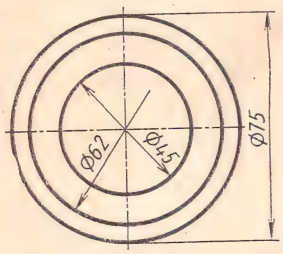


Рис. 42

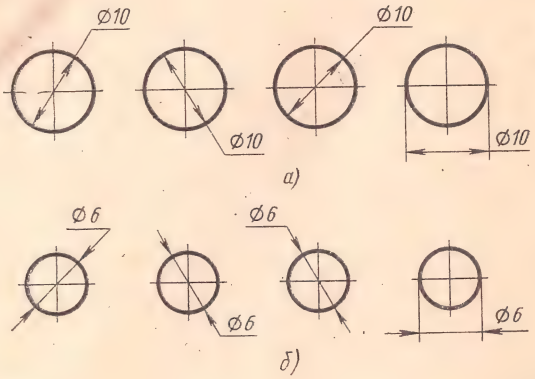


Рис. 45

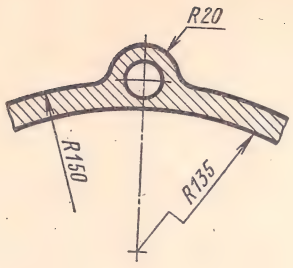


Рис. 46

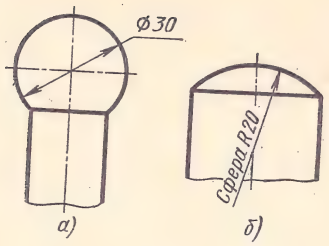


Рис. 47

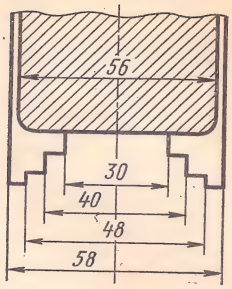


Рис. 48

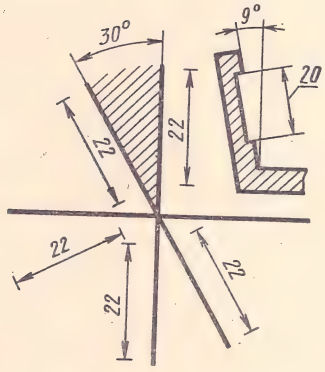


Рис. 49

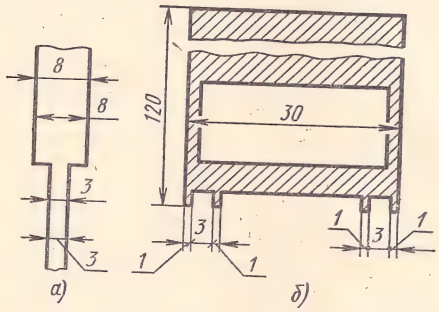
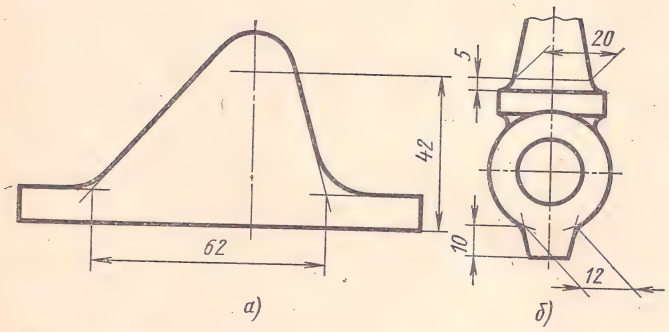


Рис. 50



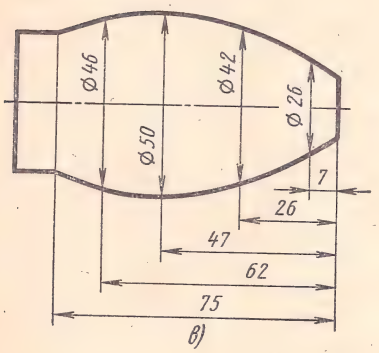


Рис. 51

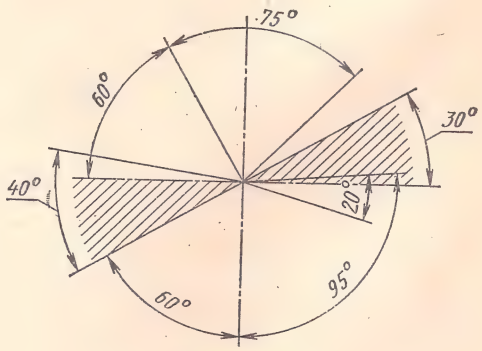


Рис. 52

расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 48). В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают.

Расстояние размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6—10 мм. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1—5 мм.

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 49.

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рис. 50, *а*. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных друг за другом (цепочкой), стрелки разрешается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям, или четкими точками (рис. 50, *б*).

При недостатке места для стрелки ввиду близко расположенных контурных или выносных линий их допускается прерывать (рис. 50, *б*).

Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или от центра дуги скругления (рис. 51, *а*).

В случаях, показанных на рис. 51, *б*, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовывали параллелограмм.

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям (рис. 51, *в*).

Размеры углов наносят так, как показано на рис. 52. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — по радиусу. В заштрихованной зоне (рис. 52) наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках (см. размеры 40° и 30° на рис. 52).

ГЛАВА 1

ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ[1]

§ 1. ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКОВ ПРЯМЫХ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ И ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРОВ

Деление отрезка прямой на две и четыре равные части. Из концов отрезка *A* и *B* циркулем проводят две дуги окружности радиусом *R*, несколько бóльшим половины отрезка, до взаимного пересечения в точках *a* и *b* (рис. 53, *а*). Полученные точки *a* и *b* соединяют прямой. Точка *C* есть середина отрезка *AB* и делит его пополам.

Проделав подобное построение для отрезка *CB*, находим его середину — точку *D*. Повторив построение для отрезка *AC*, разделим отрезок *AB* на четыре равные части.

Примером применения способа деления отрезка на четыре равные части может служить пластина, в которой требуется вырубить пять пазов на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 53, *б*).

Опускание перпендикуляра из данной точки на прямую. Из данной точки *C* (рис. 54) проводят дугу окружности произвольного радиуса так, чтобы она пересекала прямую *AB* в точках *D* и *E*. Из этих точек описывают две дуги окружности радиусом *R*, несколько бóльшим половины отрезка *DE*, до пересечения в точке *F*. Точки *F* и *C* соединяют прямой, которая и будет искомым перпендикуляром к *AB*.

Деление отрезка прямой на любое число равных частей. Пусть отрезок *AB* требуется разделить на 11 равных частей. Для этого из любого конца отрезка (из точки *B*) проводят под острым углом к отрезку прямую линию (рис. 55), на которой от точки *B* измерительным циркулем откладывают 11 равных отрезков произвольной величины. Последнюю точку *11* соединяют с концом *A* данного отрезка прямой линией. Из точек делений *1—10* при помощи угольника и линейки проводят ряд прямых, параллельных прямой *11A*, которые и разделят отрезок *AB* на 11 равных частей.

На рис. 56 показана деталь, на которой требуется разметить центры отверстий; отверстия

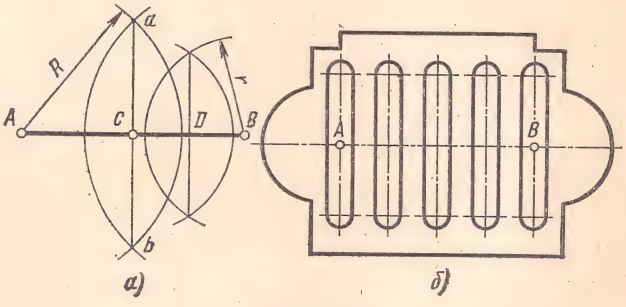


Рис. 53

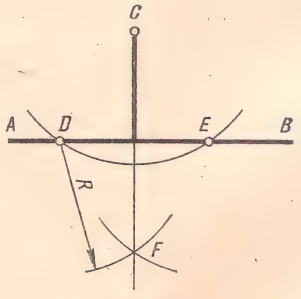


Рис. 54

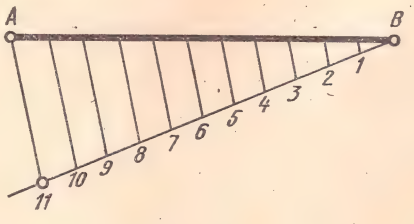


Рис. 55

[1] Из многочисленных геометрических построений в главе рассматриваются только те, которые часто применяются при выполнении чертежей в машиностроении.

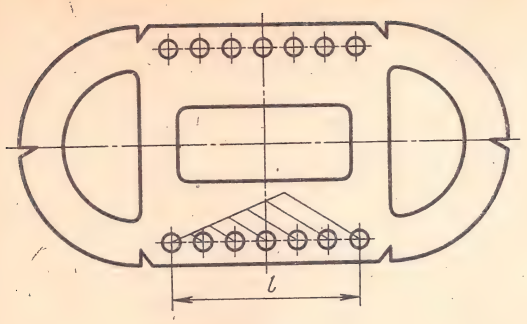


Рис. 56

равномерно расположены на длине l. В этом случае применяется описанный выше способ деления отрезка прямой на равные части.

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ И ДЕЛЕНИЕ УГЛОВ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ

Построение углов. Углы можно строить на чертеже с помощью двух угольников (одного с углами 45° и другого с углами 30 и 60°) или транспортира. На рис. 57, *а* видно, как при различных положениях угольников на линейке (или рейсшине) можно строить углы 30° (150°), 60° (120°) и 45° (135°).

Углы 75° (105°) и 15° (165°) получаются при использовании одновременно двух угольников (рис. 57, *б*).

Транспортиром строят на чертеже угол любой величины (рис. 58). Например, если требуется построить угол BAC, равный 55°, с вершиной в точке A, то риску транспортира совмещают с этой точкой. Прямолинейная кромка транспортира, на которой находится риска, должна совпадать с отрезком AB.

Построение угла, равного заданному. Пусть задан угол BAC (рис. 59, *а*). Требуется построить такой же угол, но со стороной A_1C_1 и вершиной в точке A_1 (рис. 59, *б*). Для этого из вершины A данного угла проводят дугу окружности произвольного радиуса R, которая пересечет стороны угла BAC в точках n и m. Из вершины A_1 искомого угла тем же радиусом R описывают дугу окружности, которая пересечет отрезок A_1C_1 в точке m_1.

Из точки m_1 проводят дугу радиусом r, равным отрезку nm до пересечения с ранее проведенной дугой радиуса R в точке n_1. Точку n_1 соединяют с точкой A_1 и получают вторую сторону A_1B_1 искомого угла.

На рис. 60, *а* приведен чертеж контурного очертания шаблона, а на рис. 60, *б* — построение двух углов.

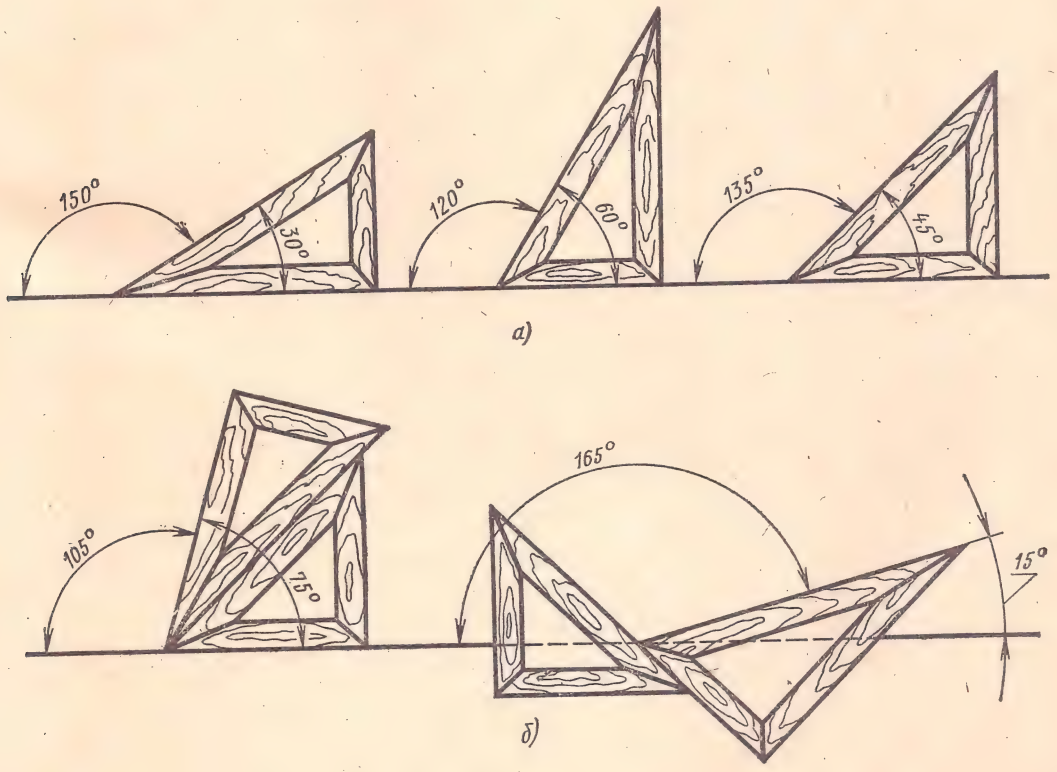


Рис. 57

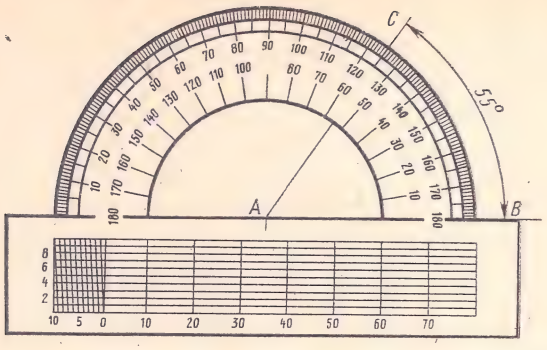


Рис. 58

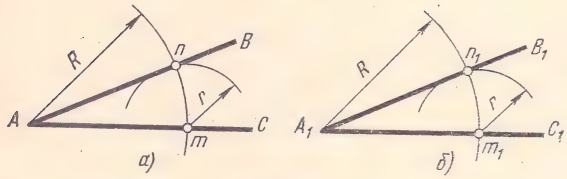


Рис. 59

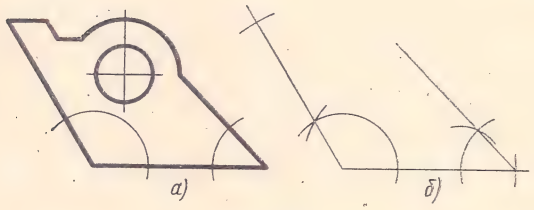


Рис. 60

Построение многоугольников. Часто контурными очертаниями деталей машин являются различные многоугольники. На рис. 61, *а* показана пластина с отверстием в виде шестиугольника. Измеряя длины сторон шестиугольника, можно построить на чертеже контурное очертание этого многоугольника.

Построение многоугольника основано на последовательном построении ряда треугольников, примыкающих сторонами друг к другу. Такой метод построения называется методом триангуляции. Треугольники в рассматриваемом многоугольнике можно получить, проведя диагонали *35, 36* и *26* (рис. 61, *а*). Последовательность построения многоугольника в данном примере следующая.

Из точки C_1 проводят вертикальную линию и на ней откладывают от намеченной базовой линии A_1B_1 измеренный отрезок *C4* и сторону *45* (рис. 61, *б*). Из точек 5_1 и 4_1, как из центров, циркулем описывают две дуги окружностей радиусами, равными длинам диагонали *53* и стороны *34*. Точка пересечения дуг является вершиной 3_1 искомого многоугольника. Таким же способом, но взяв за основание диагональ 3_15_1, находят вершину 6_1, затем вершину 2_1 (основание — диагональ 6_13_1) и, наконец, вершину 1_1 (основание — диагональ 2_16_1).

При построении многоугольников можно применить и метод прямоугольных координат. В этом случае измеряют координаты вершин этого многоугольника. В рассматриваемом случае из вершин многоугольника *1 — 6* (рис. 61, *а*) опускают перпендикуляры на горизонтальную линию *AB* (на рис. 61, *а* не показаны). Расстояния между основаниями этих перпендикуляров откладывают на горизонтальной прямой чертежа (рис. 61, *в*). Из полученных точек к этой прямой восставляют перпендикуляры, на которых откладывают расстояния от прямой *AB* (рис. 61, *а*) до вершин многоугольника.

Деление угла на две равные части. Для того чтобы разделить угол *BAC* (рис. 62) пополам или провести биссектрису этого угла, из вершины угла *A* описывают дугу окружности произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла *BAC* в точках *n* и *k*. Из полученных точек проводят две дуги радиусом *R*, несколько бо́льшим половины длины дуги *nk*, до взаимного пересечения в точке *m*. Вершину угла *A* соединяют с точкой *m* прямой, которая делит угол *BAC* пополам. Прямая *Am* — биссектриса данного угла.

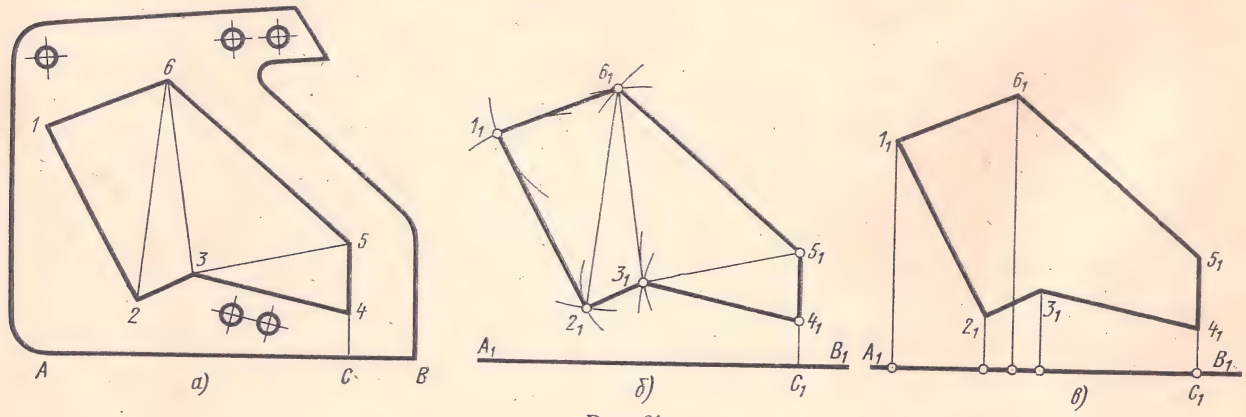


Рис. 61

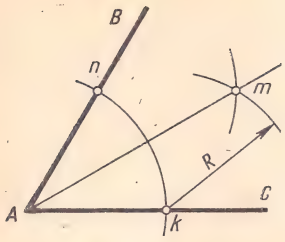


Рис. 62

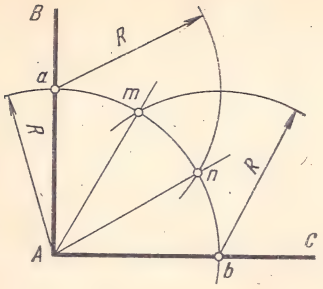


Рис. 63

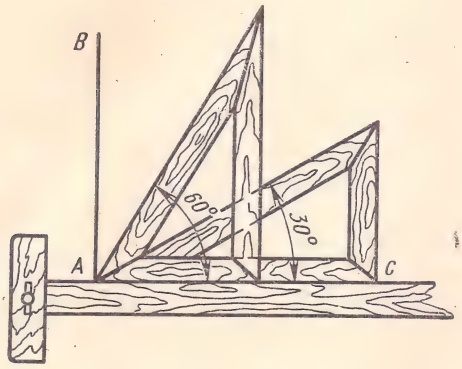


Рис. 64

Таким же методом, находя биссектрисы углов *BAm* и *mAC*, можно разделить угол *BAC* на четыре равные части.

Деление прямого угла на три равные части. Из вершины *A* данного прямого угла *BAC* (рис. 63) произвольным радиусом *R* описывают дугу окружности до пересечения ее со сторонами прямого угла в точках *a* и *b*, из которых проводят дуги окружности того же радиуса *R* до пересечения с дугой *ab* в точках *m* и *n*. Точки *m* и *n* соединяют с вершиной угла *A* прямыми и получают стороны *Am* и *An* углов *BAm*, *mAn* и *nAC*, равных $^1/_3$ прямого угла, т. е. 30°.

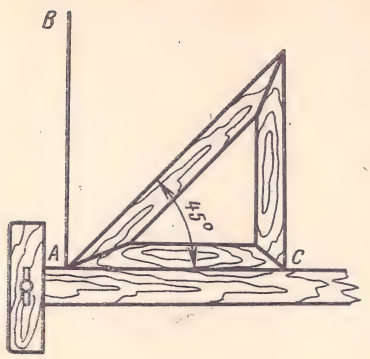


Рис. 65

Прямой угол можно разделить на три равные части угольником с углами 30 и 60° (рис. 64).

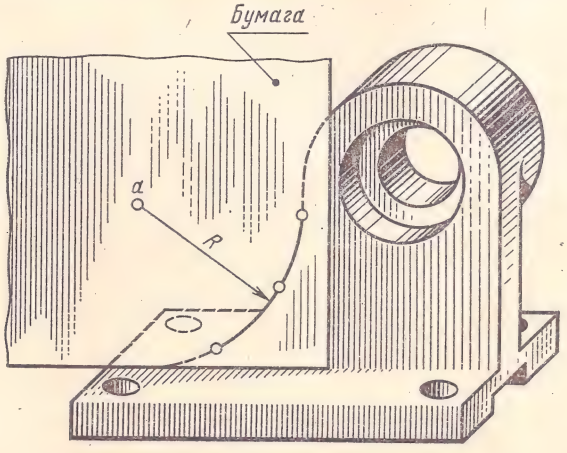
При выполнении чертежей нередко требуется разделить прямой угол пополам. Простейший способ такого деления приведен на рис. 65.

Приемы деления углов на равные части применяются при разметке листовой стали для вырезки различных фигур.

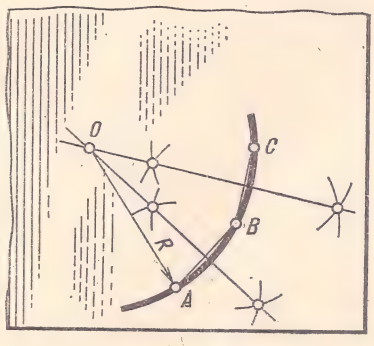
§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ДУГИ ОКРУЖНОСТИ

При вычерчивании деталей машин с натуры приходится определять величину радиусов дуг окружностей контурных очертаний детали, а также находить положение центров этих дуг. На рис. 66, *а* показан кронштейн, левая часть ребра которого выполнена по дуге окружности.

Для того чтобы найти положение центра и величину радиуса данной дуги окружности, предварительно делают отпечаток дуги на бу-



а)



б)

Рис. 66

маге. На отпечатке дуги произвольно берут три точки A, B и C (рис. 66, *б*) и соединяют их прямыми (хордами). К отрезкам прямых AB и BC через их середины восставляют перпендикуляры до взаимного пересечения в точке O. Точка O — центр искомой дуги, а отрезок OA — радиус этой дуги.

§ 4. ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНОВ И КОНУСНОСТИ

При вычерчивании некоторых профилей прокатной стали, например, двутавровой (рис. 67, *а*), швеллерной (рис. 67, *б*) часто приходится строить прямые линии, наклон которых к какой-либо другой линии задается величиной уклона. Уклоном i называется отношение катета AC, противолежащего углу α, к прилежащему катету BC (рис. 68, *а*), т. е. уклон $i = \operatorname{tg}\alpha$. Уклоны выражаются в виде отношения или в процентах.

На рис. 68, *а* уклон выражен в виде отношения

$$i = \operatorname{tg}\alpha = \frac{AC}{BC} = \frac{1}{6} = 1 : 6.$$

Для построения прямой AB (рис. 68, *а*) с заданной величиной уклона к горизонтальной прямой, например 1 : 6, необходимо от точки C вправо отложить отрезок CB, равный шести единицам длины (например, 60 мм), и от точки C вверх — отрезок AC, равный единице (10 мм). Точки A и B соединяют прямой, которая дает направление линии искомого уклона.

При вычерчивании контура полки профиля двутавра с уклоном 1 : 6 (рис. 68, *б*) предварительно выполняется построение линии уклона, параллельно которой проводится контур полки.

Если уклон задается в процентах, например 20% (рис. 68, *в*), то линия уклона строится так же, т. е. как гипотенуза прямоугольного треугольника. Длину одного из катетов принимают равной 100 мм, а другого — 20 мм. Очевидно, что уклон 20% есть, иначе, уклон 1 : 5.

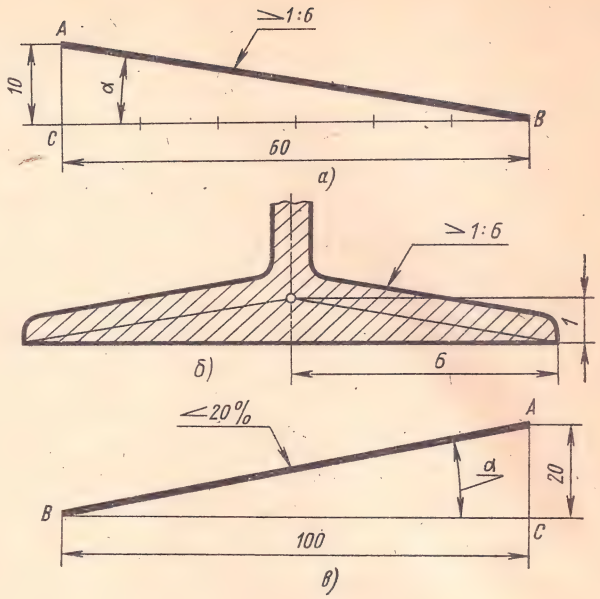


Рис. 68

По ГОСТу 2.307—68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят условный знак, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рис. 67 и 68).

Иногда для построения углов приходится пользоваться построением уклонов. Ниже приведены некоторые значения углов в градусах и соответствующие им значения уклонов.

Угол в градусах	Уклон в %	Угол в градусах	Уклон в %
4	7,0	15	26,8
5	8,7	20	36,4
6	10,5	25	46,6
7	12,3	30	57,7
8	14,0	35	70,0
10	17,6	40	83,9
12	21,3	45	100,0

Конусностью называется отношение диаметра D окружности основания конуса к его высоте h (рис. 69, *а*). Если конус усеченный (рис. 69, *б*)

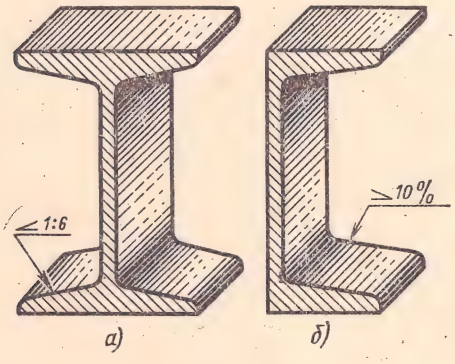


Рис. 67

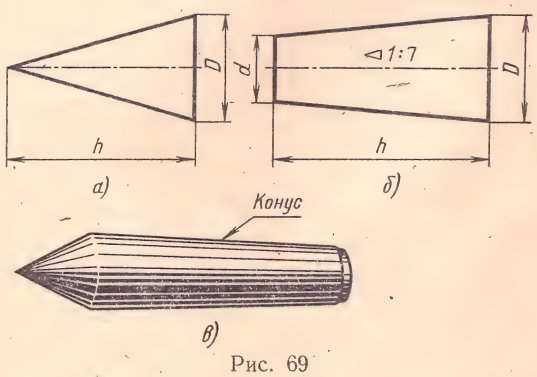


Рис. 69

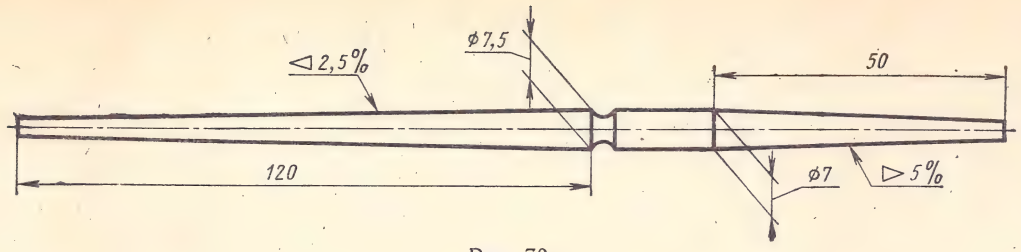


Рис. 70

с диаметрами оснований D и d и высотой h, то конусность определяют в виде отношения по формуле

$$K = \frac{D-d}{h},$$

или в процентах по формуле

$$K = \frac{D-d}{h} \cdot 100\%.$$

Если, например, на рис. 69, *б* размеры будут равны: $D = 30$ мм, $d = 20$ мм и $h = 70$ мм, то

$$K = \frac{30-20}{70} = 1:7.$$

По ГОСТу 2.307—68 перед размерным числом, характеризующим конусность, необходимо наносить условный знак конусности, который имеет вид треугольника с вершиной, направленной в сторону вершины конуса (рис. 69, *б*).

Обычно на чертеже конуса дается диаметр большего основания конуса (рис. 69, *а* и *б*), так как при изготовлении конической детали этот диаметр можно измерить значительно легче и точнее.

Рассмотрим пример построения контурного очертания предмета в виде усеченного конуса с заданной величиной конусности. Пусть требуется построить контурные очертания левой (цевочной) и правой (опорной) конических частей шпинделя веретена (рис. 70) кольцепрядильной машины.

1. Данные для построения левой (цевочной) части веретена: $K_1 = 2{,}5\%$; $h_1 = 120$ *мм*; $D_1 = 7{,}5$ мм.

Проводим осевую центровую линию, на которой откладываем заданную высоту конуса $h_1 = 120$ мм и заданный диаметр $D_1 = 7{,}5$ мм (см. рис. 70).

По формуле

$$K_1 = \frac{D_1 - d_1}{h_1} \cdot 100\%$$

определяем d_1:

$$d_1 = \frac{100D_1 - K_1h_1}{100} = \frac{(100 \cdot 7{,}5) - (2{,}5 \cdot 120)}{100} = \frac{750-300}{100} = 4{,}5 \text{ мм}$$

и откладываем этот размер слева, перпендикулярно оси. Концы диаметров D_1 и d_1 соединяем прямыми, образующими конус.

Построение контурного очертания правой (опорной) конической части веретена выполняется аналогично.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные форматы чертежей по ГОСТу 2. 301—68.
2. Как образуются дополнительные форматы чертежей?
3. В каких пределах должна быть толщина основной линии?
4. Какая толщина принята для штриховой, штрихпунктирной и волнистой линий в зависимости от толщины основной линии?
5. Какие установлены размеры шрифта и чем определяется размер шрифта?
6. В каких случаях уменьшается расстояние между буквами?
7. Могут ли пересекаться на чертеже размерные линии?
8. Что называется уклоном и как определить величину уклона?
9. Что называется конусностью?

ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ

§ 1. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА ЧЕТЫРЕ И ВОСЕМЬ РАВНЫХ ЧАСТЕЙ

В крышке (рис. 71, *а*) имеется восемь отверстий, равномерно расположенных по окружности. При построении чертежа контура крышки (рис. 71, *г*) необходимо разделить окружность на восемь равных частей. Сначала проводят две перпендикулярные оси (рис. 71, *б*). Из точки *О* пересечения осей проводят окружность, на которой должно быть расположено восемь отверстий. Точки *1*, *3*, *5*, *7* деления окружности на четыре части получают на пересечении осевых линий с окружностью.

Для получения точек *2*, *4*, *6* и *8* применяют известный прием деления прямого угла на две равные части при помощи циркуля (рис. 71, *б*) или угольника с углами 45° (рис. 71, *в*). При делении окружности на четыре и восемь частей с применением угольника гипотенуза угольника должна проходить через центр окружности.

§ 2. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА ТРИ, ШЕСТЬ И ДВЕНАДЦАТЬ РАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Деление окружности на три и шесть равных частей. В крышке (рис. 72, *а*) просверлены три отверстия, равномерно расположенные по окружности. При выполнении чертежа контура крышки (рис. 72, *г*) надо разделить окружность на три равные части. Для этого ножку циркуля ставят в точку *А* окружности (рис. 72, *б*) и радиусом, равным радиусу окружности, описывают дугу до пересечения с последней в точках *2* и *3*. Точки *1*, *2* и *3* — искомые.

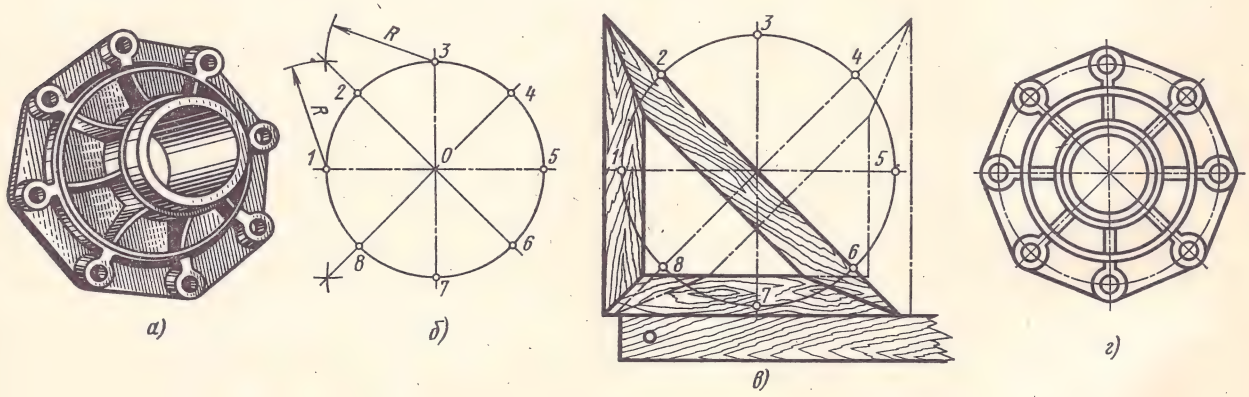


Рис. 71

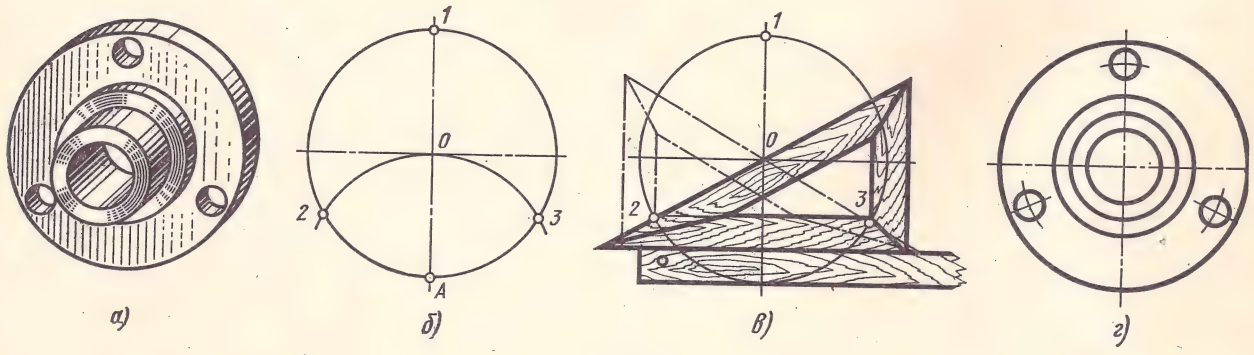


Рис. 72

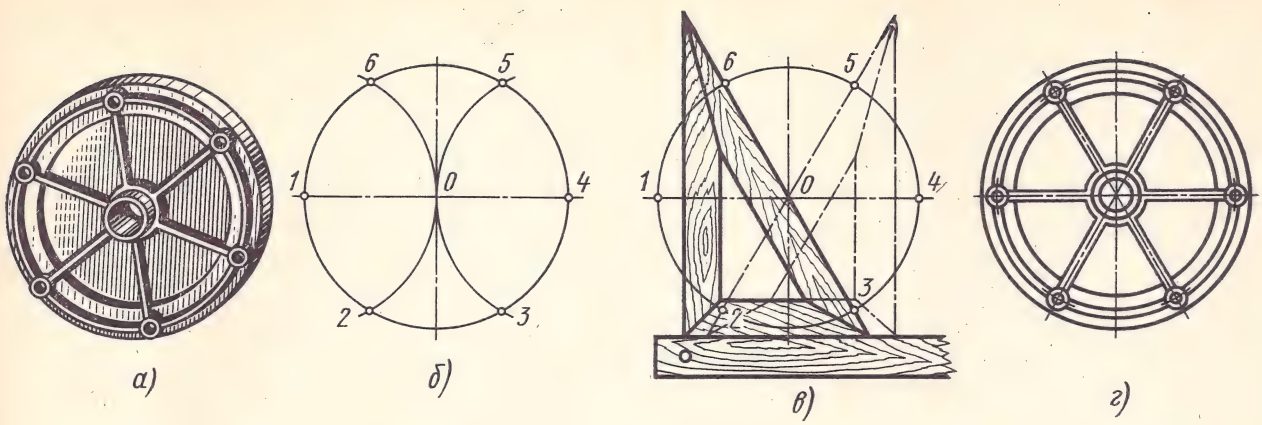


Рис. 73

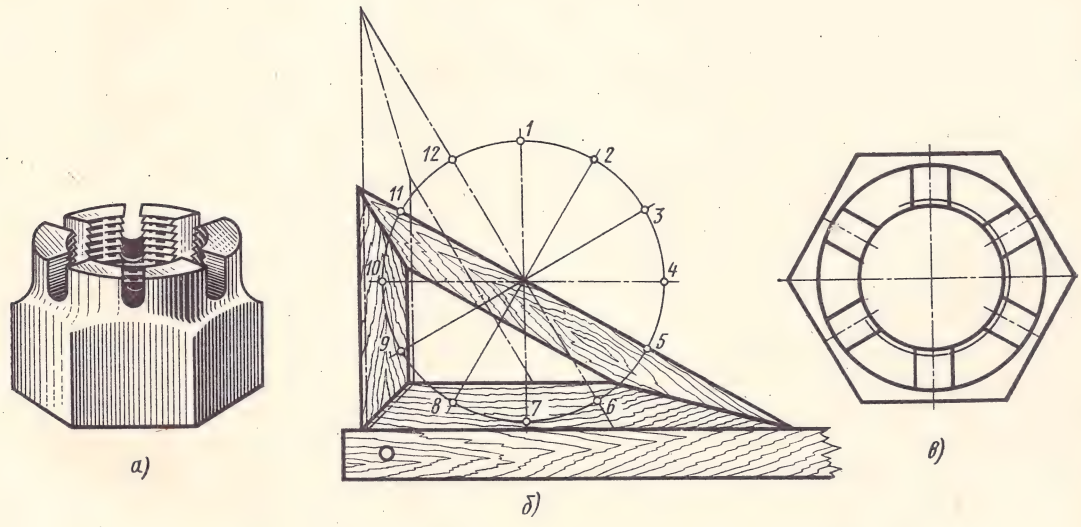


Рис. 74

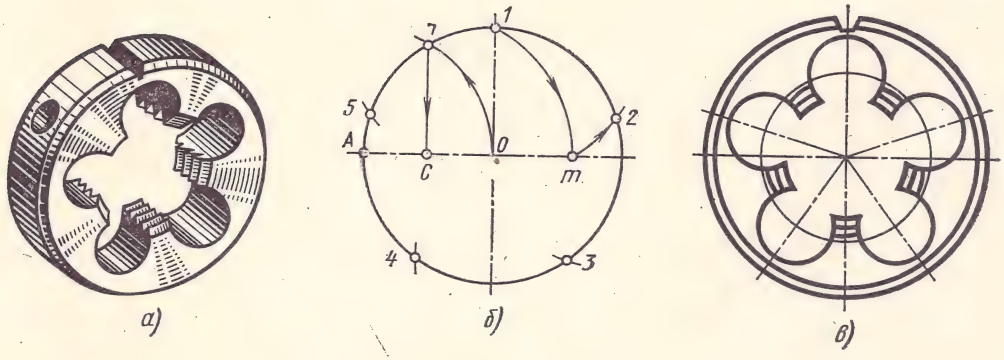


Рис. 75

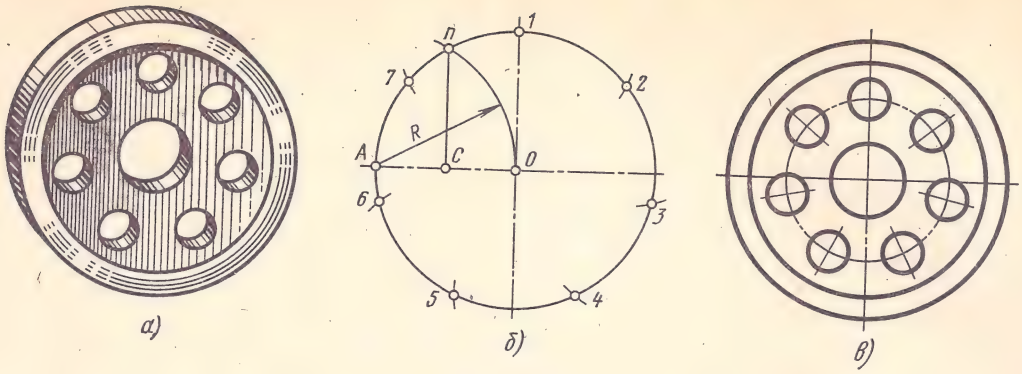


Рис. 76

Разделить окружность на три части можно и угольником с углами 30 и 60° (рис. 72, *в*); гипотенуза угольника должна проходить через центр окружности. На рис. 73, *б* показано деление окружности циркулем на шесть равных частей. В этом случае применен тот же прием, что и на рис. 72, *б*, но дугу описывают не один, а два раза из точек *1* и *4* радиусом, равным радиусу окружности. Деление окружности на шесть частей можно выполнить и угольником с углами 30 и 60° (рис. 73, *в*).

Деление окружности на 12 равных частей. На рис. 74, *а* и *в* показана прорезная корончатая шестигранная гайка, которая имеет шесть прорезей, равномерно расположенных по окружности. Для построения чертежа контура этой детали нужно разделить окружность на 12 равных частей. Используя угольник с углами 30 и 60° с последующим поворотом его на 180°, делят окружность на шесть равных частей (рис. 74, *б*). Для деления окружности на 12 частей этот же угольник следует положить на линейку или рейсшину малым катетом. Положение угольника показано на рис. 74, *б* штрихпунктирной линией.

§ 3. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА ПЯТЬ И СЕМЬ РАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Деление окружности на пять равных частей. На рис. 75, *а* показана плашка — инструмент для нарезания резьбы. При построении чертежа контура плашки (рис. 75, *в*) необходимо разделить окружность на пять равных частей.

Через намеченный центр *О* (рис. 75, *б*) при помощи рейсшины и угольника проводят две перпендикулярные осевые линии и из точки *О* циркулем описывают окружность заданного диаметра. Из точки *А* радиусом, равным радиусу данной окружности, проводят дугу, которая пересечет окружность в точке *n*. Из точки *n* опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию. Из основания перпендикуляра — точки *С* радиусом, равным *С1*, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную осевую линию в точке *m*. Из точки *1* радиусом, равным *m1*, проводят дугу, пересекающую окружность в точке *2*. Точки *1* и *2* — искомые, а дуга *12* равна $^1/_5$ длины окружности. Точки *3*, *4* и *5* находят откладывая циркулем по данной окружности отрезки (хорды), равные *m1*.

Деление окружности на семь равных частей. Ролик, показанный на рис. 76, *а*, имеет семь отверстий, равномерно расположенных по окружности. При построении чертежа контура ролика

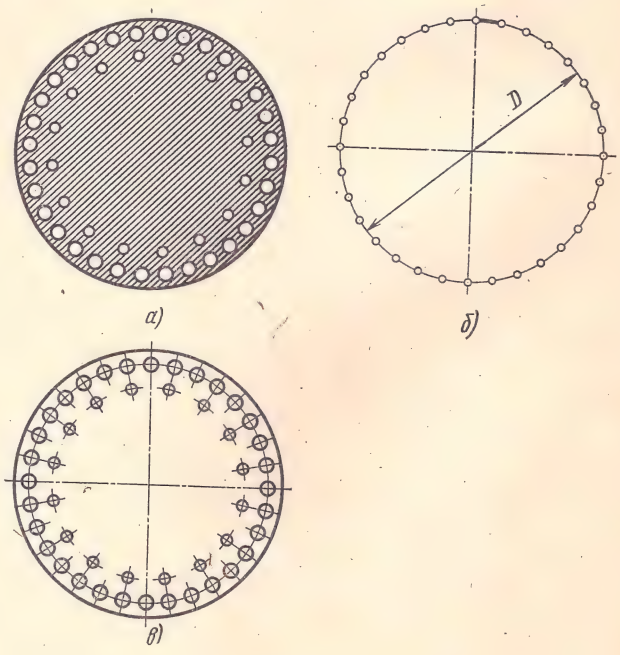


Рис. 77

(рис. 76, *в*) окружность нужно разделить на семь равных частей следующим приближенным способом (рис. 76, *б*).

Через намеченный центр *О* проводят две перпендикулярные осевые линии и из точки *О* описывают окружность заданного диаметра.

Из точки *А* радиусом, равным радиусу этой окружности, проводят дугу, которая пересечет окружность в точке *n*. Из точки *n* опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию.

Длину перпендикуляра *nC* откладывают от точки *1* по окружности семь раз и получают искомые точки делений *1—7*.

§ 4. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА ЛЮБОЕ КОЛИЧЕСТВО РАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Для деления окружности на любое количество равных частей можно воспользоваться коэффициентами, приведенными ниже.

Количество частей окружности	Коэффициент k	Количество частей окружности	Коэффициент k
25	0,12533	32	0,09802
26	0,12054	33	0,09506
27	0,11609	34	0,09227
28	0,11196	35	0,08964
29	0,10812	36	0,08716
30	0,10453	37	0,08481
31	0,10117	38	0,08258

Зная, на какое число n следует разделить окружность, находят коэффициент k. При умножении коэффициента k на диаметр D этой окружности получают длину хорды l, которую циркулем откладывают на заданной окружности n раз.

На рис. 77, *а* показан диск. При построении чертежа контура (рис. 77, *в*) необходимо окружность диаметра D разделить на 32 равные части. Допустим, что $D = 142$ мм.

Количеству частей окружности $n = 32$ соответствует коэффициент $k = 0{,}09802$. Подсчитывают длину хорды $l = Dk = 142 \cdot 0{,}09802 = 13{,}9$ мм и циркулем откладывают эту величину на данной окружности 32 раза (рис. 77, *б*).

ГЛАВА 3

СОПРЯЖЕНИЯ ЛИНИЙ

§ 1. СОПРЯЖЕНИЯ

Многие детали машин, приборов и аппаратов имеют контурные очертания, состоящие из прямых линий и дуг окружностей с плавными переходами от одной линии к другой. Такие плавные переходы называются сопряжениями.

На рис. 78 показаны примеры применения сопряжений в технике. Например, на рисунке и чертеже контура двурогого крюка (рис. 78, *а* и *б*) в точке *A* виден плавный переход от дуги окружности к прямой линии, а в точке *B* — от дуги окружности радиуса *R* 460 к дуге радиуса *R* 260 и т. д.

Геометрические сопряжения можно условно разделить на непосредственные сопряжения, когда одна линия (например, дуга окружности) плавно переходит в другую (например, в прямую) без промежуточных линий и сопряжения промежуточными дугами окружностей радиуса *R*. Эти дуги называются дугами сопряжения, а радиусы — радиусами сопряжения.

Непосредственные сопряжения. 1. Точка сопряжения *m* прямой линии *Am* и дуги окружности радиуса *R* (рис. 79, *а*) находится в основании перпендикуляра, опущенного из центра *O* окружности на прямую *Am*.

2. Точка сопряжения *n* двух дуг радиусов *R* и R_1 находится на прямой линии OO_1, соединяющей центры *O* и O_1 двух данных дуг (рис. 79, *б*).

Сопряжения промежуточными дугами. 1. Сопряжение двух сторон прямого (рис. 80, *а*), острого (рис. 81, *а*) или тупого (рис. 82, *а*) углов дугой радиуса *R* выполняют следующим образом.

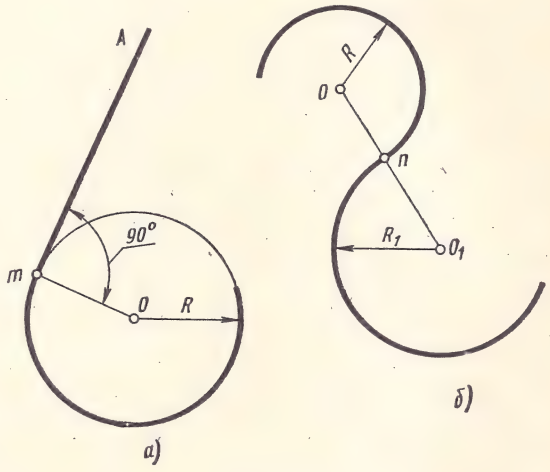


Рис. 79

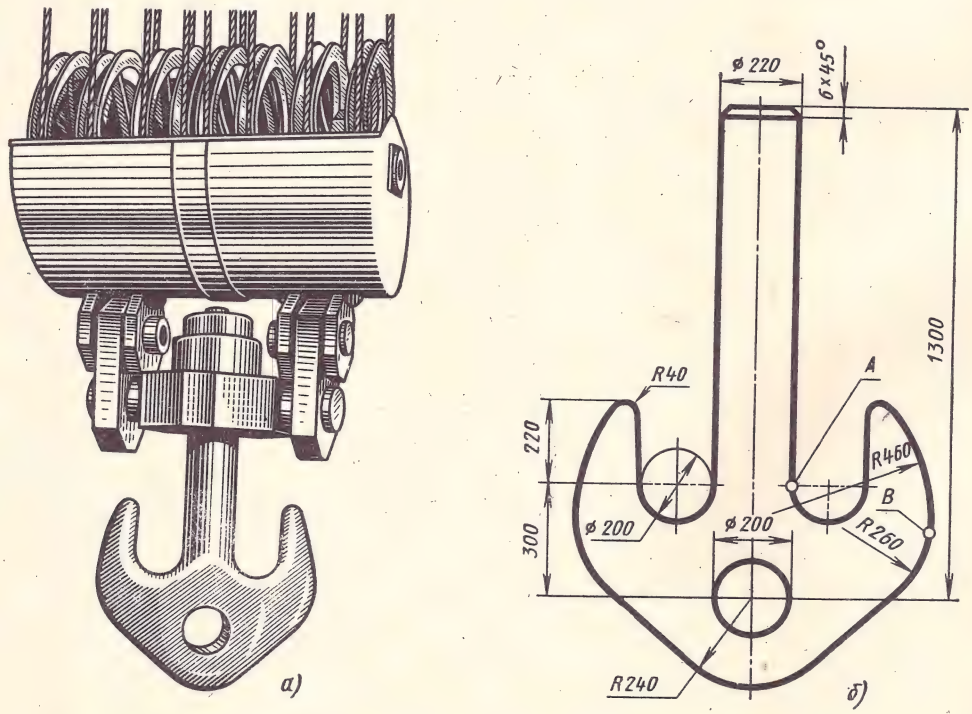


Рис. 78

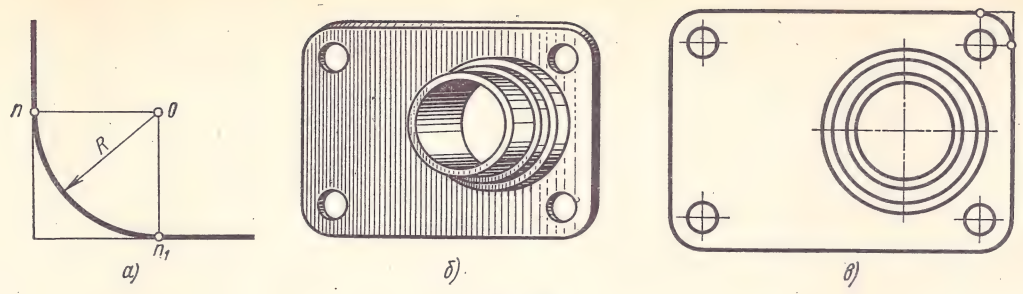


Рис. 80

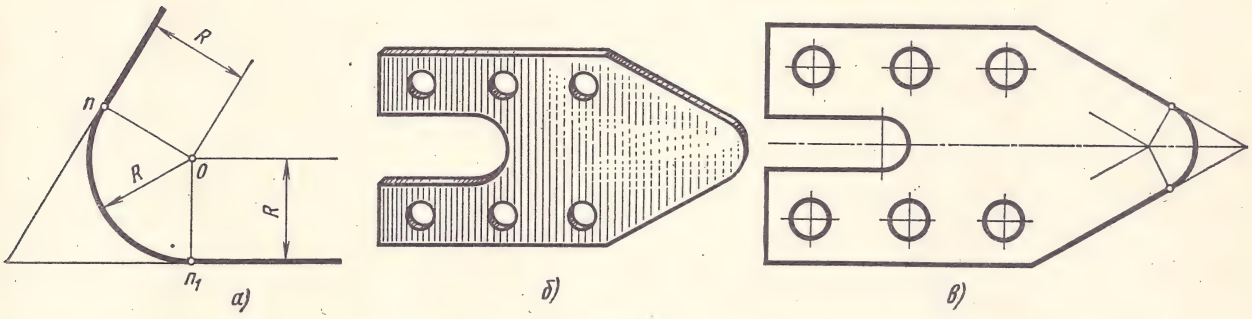


Рис. 81

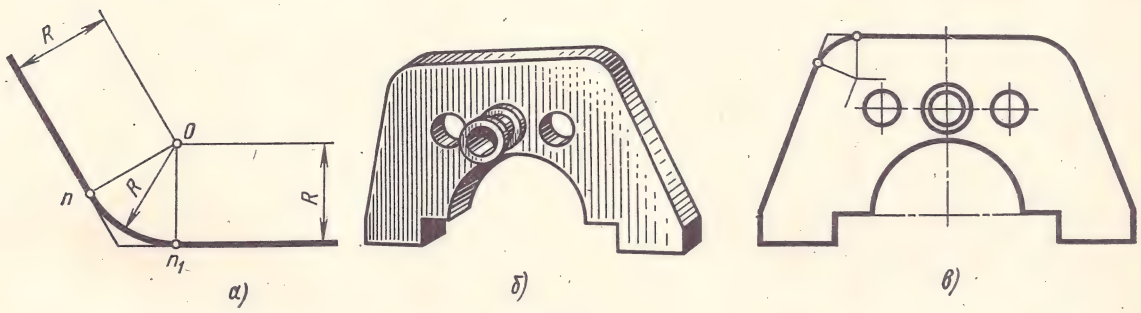


Рис. 82

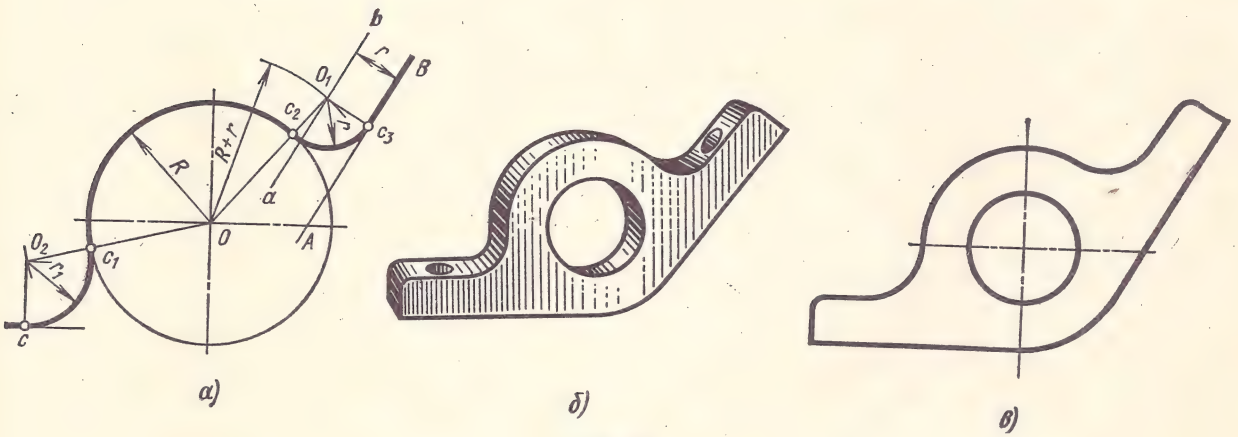


Рис. 83

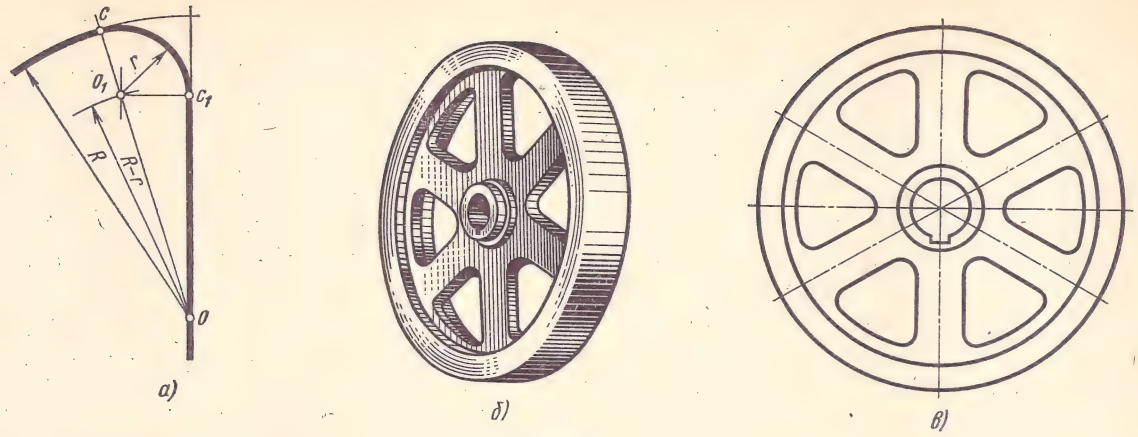


Рис. 84

Параллельно сторонам угла на расстоянии, равном радиусу дуги R, проводят две вспомогательные прямые линии и находят точку O пересечения этих прямых. Точка O является центром дуги радиуса R, сопрягающей стороны угла. Из центра O описывают дугу, плавно переходящую в прямые — стороны угла. Дугу заканчивают в точках сопряжения n и n_1, которые являются основаниями перпендикуляров, опущенных из центра O на стороны угла.

На рис. 80, *б* показана крышка, на рис. 81, *б* — скоба, а на рис. 82, *б* — прихват. При выполнении изображений контурных очертаний этих деталей применяются правила построения сопряжений сторон углов дугами окружностей (рис. 80, *в*, 81, *в* и 82, *в*).

2. Сопряжение дуги окружности радиуса R с прямой линией AB дугой радиуса r (или r_1). Для построения такого сопряжения вычерчивают дугу окружности радиуса R (рис. 83, *а*) и прямую AB. Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу r сопрягающей дуги, проводят прямую ab. Из центра O проводят дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов R и r до пересечения ее с прямой ab в точке O_1. Точка O_1 является центром дуги сопряжения.

Точку сопряжения c_2 находят на пересечении прямой OO_1 с дугой данной окружности радиуса R. Точка сопряжения c_3 является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O_1 на данную прямую AB.

На рис. 83, *б* показан кронштейн. При выполнении изображения контура этой детали (рис. 83, *в*) необходимо выполнить построения, подобные описанным.

На рис. 84, *а* выполнено сопряжение прямой, проходящей через точку O, с дугой окружности радиуса R. Дуга сопряжения имеет радиус r. Центр дуги сопряжения O_1 находят на пересечении вспомогательной прямой, проведенной параллельно данной прямой на расстоянии r, с дугой вспомогательной окружности, описанной из точки O радиусом, равным $R - r$. Точка сопряжения c_1 является основанием перпендикуляра, опущенного из точки O_1 на данную прямую. Точку сопряжения c находят на пересечении прямой OO_1 с данной сопрягаемой дугой. Такое сопряжение выполняют, например, при вычерчивании контура маховика, показанного на рис. 84, *б*.

На чертеже контура маховика (рис. 84, *в*) показано сопряжение дуги с прямой в месте соприкасания спиц с ободом.

3. Сопряжение двух дуг может быть внешним, внутренним и смешанным.

При внешнем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг радиусов R_1 и R_2 лежат вне сопрягающей дуги радиуса R (рис. 85, *а*).

При внутреннем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг лежат внутри сопрягающей дуги радиуса R (рис. 85, *б*).

При смешанном сопряжении центр O_1 одной из сопрягаемых дуг лежит внутри сопрягающей дуги радиуса R, а центр O другой сопрягаемой дуги вне ее (рис. 86, *а*).

Построение внешнего сопряжения. Задано:

а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей (рис. 85, *а*);

б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;

в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти точки сопряжения s и s_1;

в) провести дугу сопряжения.

По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже находят точки O и O_1, из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2. Из центра O проводят вспомогательную

дугу окружности рад..
сов сопрягаемой дуги R_1
а из центра O_1 — радиусом, равным
диусов сопрягаемой дуги R_2 и сопряга
Вспомогательные дуги пересекутся в то
которая и будет искомым центром сопряга
дуги.

Для нахождения точек сопряжения центры дуг
соединяют прямыми линиями OO_2 и O_1O_2. Эти
две прямые пересекают сопрягаемые дуги в точ-
ках сопряжения s и s_1. Из центра O_2 радиусом R
проводят сопрягающую дугу, ограничивая ее
точками сопряжения s_1 и s.

На рис. 85, *г* показана крышка, в очертании
которой имеется внешнее и внутреннее сопря-
жение.

На чертеже крышки (рис. 85, *в*) справа выпол-
нено внешнее сопряжение. Радиусы сопрягаемых

в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягаю-
щей дуги;

б) найти точки сопряжения s и s_1;

в) провести дугу сопряжения.

По заданным расстояниям между центрами
l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1, из
которых описывают сопрягаемые дуги радиусов
R_1 и R_2. Из центра O_1 проводят вспомогательную

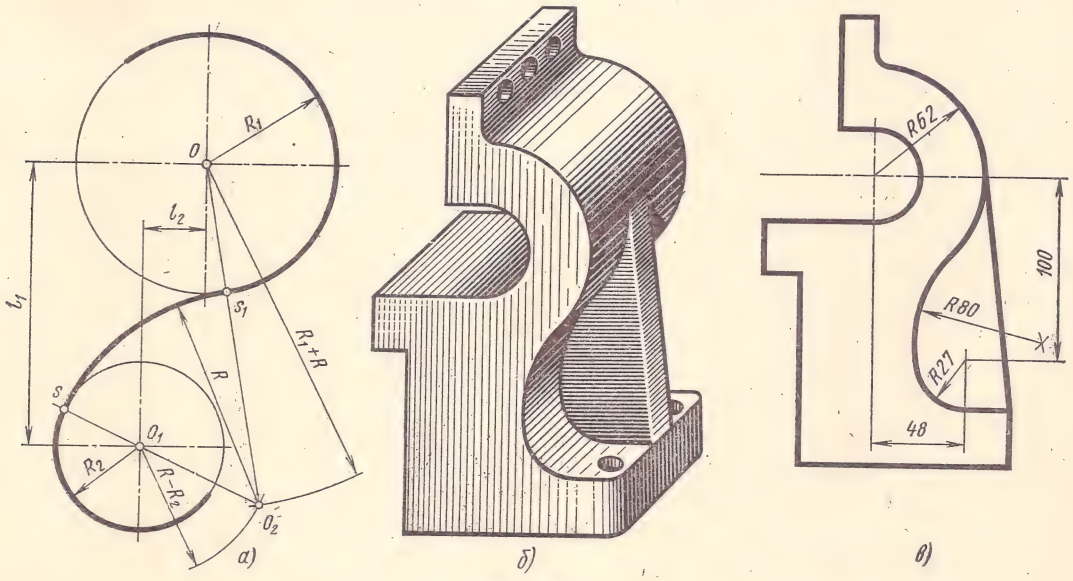


Рис. 86

в)

...равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_2. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2, которая и будет искомым центром сопрягающей дуги.

Для нахождения точек сопряжения точку O_2 соединяют с точками O и O_1 прямыми линиями. Точки пересечения s и s_1 продолжения этих прямых с сопрягаемыми дугами являются искомыми точками сопряжения.

Радиусом R из центра O_2 проводят сопрягающую дугу между точками сопряжения s и s_1.

Внутреннее сопряжение показано на чертеже контурного очертания крышки (рис. 85, *в*) слева. Радиус сопрягаемых дуг $R_1 = 22$ мм и $R_2 = 11$ мм, радиус сопрягающей дуги $R = 50$ мм, межцентровые расстояния $l_1 = 0$ и $l_2 = 42$ мм.

Построение смешанного сопряжения. Задано:

а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей (рис. 86, *а*);

б) расстояние между центрами O и O_1 этих двух дуг;

в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти на сопрягаемых дугах точки сопряжения s и s_1;

в) провести дугу сопряжения.

По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1, из ...рых описывают сопрягаемые дуги радиусов ... и R_2. Из центра O проводят вспомогательную дугу радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R, а из центра O_1 — радиусом, равным разности радиусов R и R_2. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2, которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Соединив точки O и O_2 прямой, получают точку сопряжения s_1; соединив точки O_1 и O_2, находят точку сопряжения s.

Из центра O_2 проводят дугу сопряжения от s до s_1.

Пример смешанного сопряжения приведен на рис. 86, *б*. На чертеже контура станины (рис. 86, *в*) радиусы сопрягаемых дуг $R_1 = 62$ мм, $R_2 = 27$ мм, радиус сопрягающей дуги $R = 80$ мм, межцентровые расстояния сопрягаемых дуг равны 48 и 100 мм.

При вычерчивании контурных очертаний деталей очень важно самостоятельно разобраться, где имеются плавные переходы, и мысленно представить себе, где придется выполнять непосредственные сопряжения и где — сопряжения при помощи промежуточных дуг окружностей.

В этом отношении лучшим способом приобретения навыков построения сопряжений являются упражнения по вычерчиванию контуров сложных деталей. Перед упражнением необходимо просмотреть задание, наметить порядок построения сопряжений и только после этого приступать к выполнению построений.

На рис. 87, *б*, *в*, *г* показана последовательность выполнения различных видов сопряжений контурного очертания рычага (рис. 87, *а*).

ГЛАВА 7
СОПРЯЖЕНИЕ ЛИНИЙ

При вычерчивании деталей машин и приборов, контуры очертаний которых состоят из прямых линий и дуг окружностей с плавными переходами от одной линии в другую, часто применяют сопряжения. Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую. На рис. 60 показаны примеры применения сопряжений.

Контур рычага (рис. 60, *а*) состоит из отдельных линий, плавно переходящих одна в другую, например, в точках A, A_1 виден плавный переход от дуги окружности к прямой линии, а в точках B, B_1 — от дуги одной окружности к дуге другой окружности (рис. 60, *б*). На рис. 60, *в* изображен двурогий крюк. На чертеже контура крюка (рис. 60, *г*) в точке A виден плавный переход от дуги окружности ∅200 к прямой линии, а в точке B — от дуги окружности радиуса $R460$ к дуге радиуса $R260$.

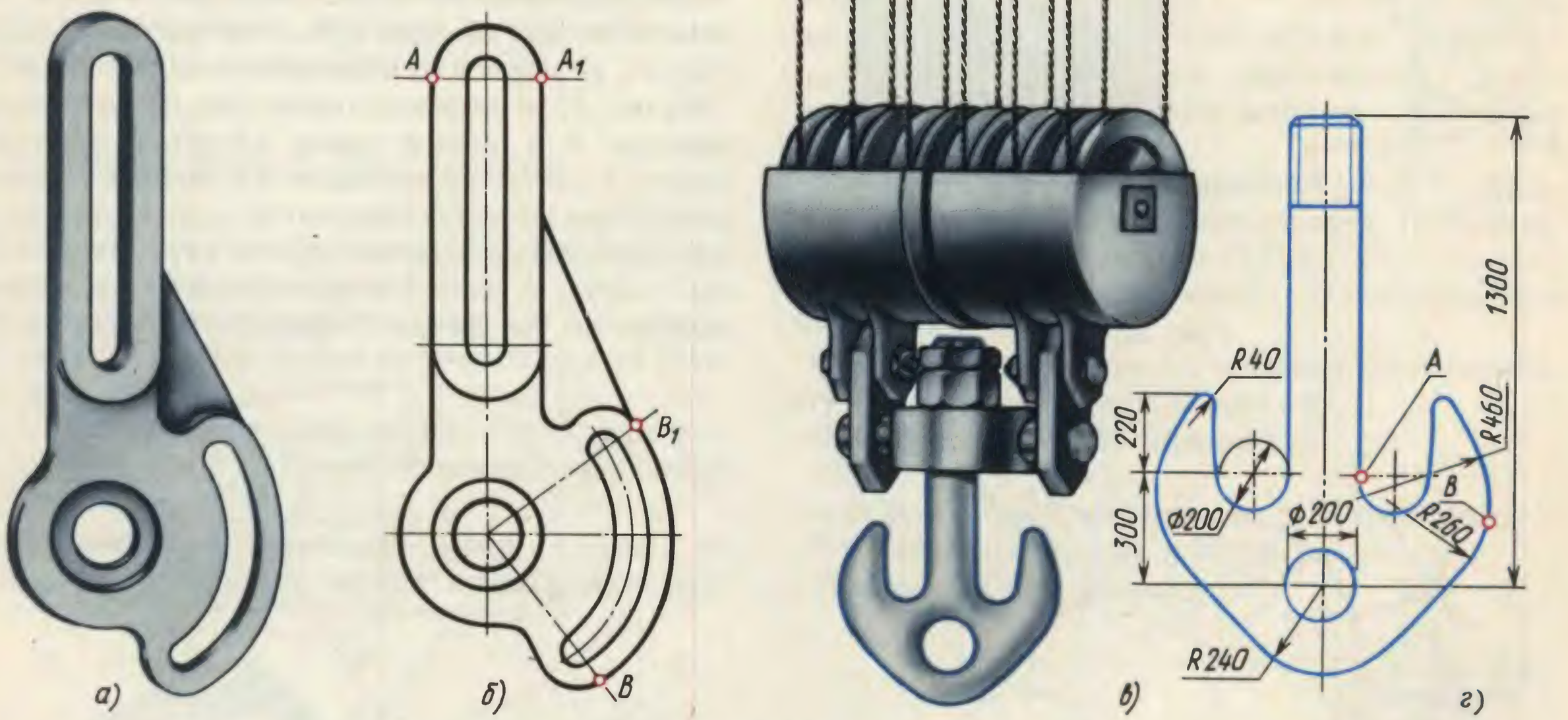


РИС. 60

Для точного и правильного выполнения чертежей необходимо уметь выполнять построения сопряжений, которые основаны на двух положениях.

1. Для сопряжения прямой линии и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восставленном из точки сопряжения (рис. 61, *а*).

2. Для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения (рис. 61, *б*).

§ 1. СОПРЯЖЕНИЕ ДВУХ СТОРОН УГЛА ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ ЗАДАННОГО РАДИУСА

При выполнении чертежей деталей, показанных на рис. 62, *б*, *г*, *е*, выполняют построение сопряжения двух сторон угла дугой окружности заданного радиуса. На рис. 62, *а* выполнено построение сопряжения сторон острого угла дугой, на рис. 62, *в* — тупого угла, на рис. 62, *д* — прямого.

Сопряжение двух сторон угла (острого или тупого) дугой заданного радиуса R выполняют следующим образом (рис. 62, *а* и *в*).

Параллельно сторонам угла на расстоянии, равном радиусу дуги R, проводят две вспомогательные прямые

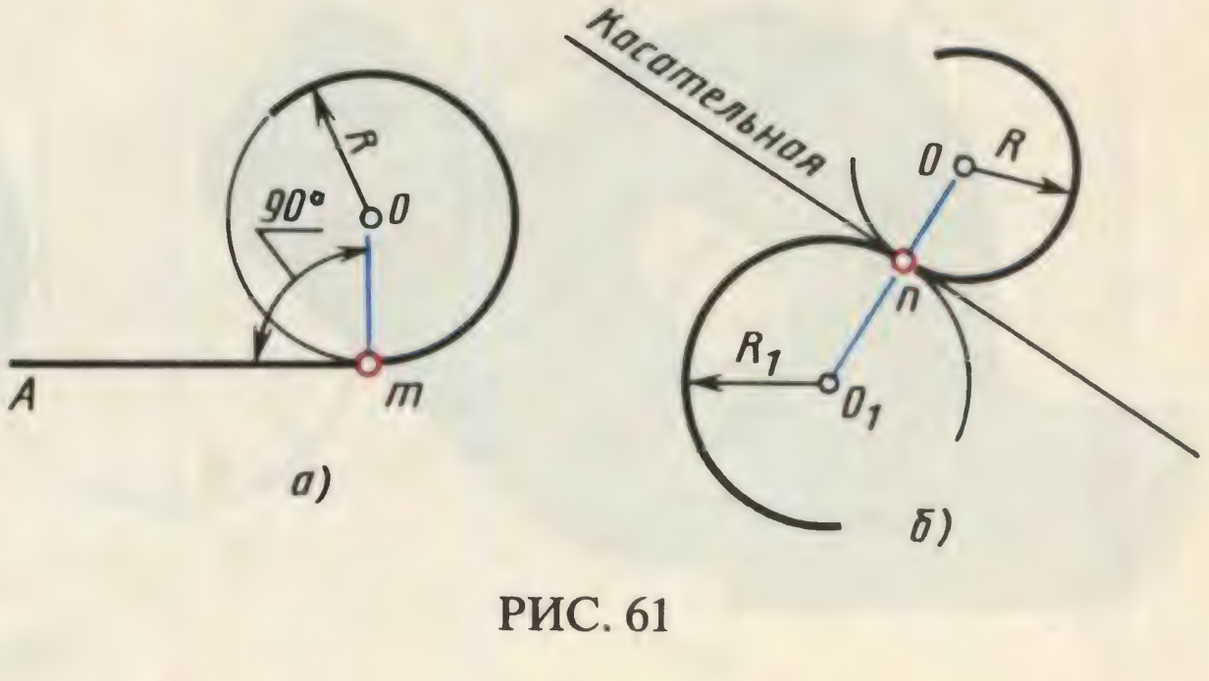


РИС. 61

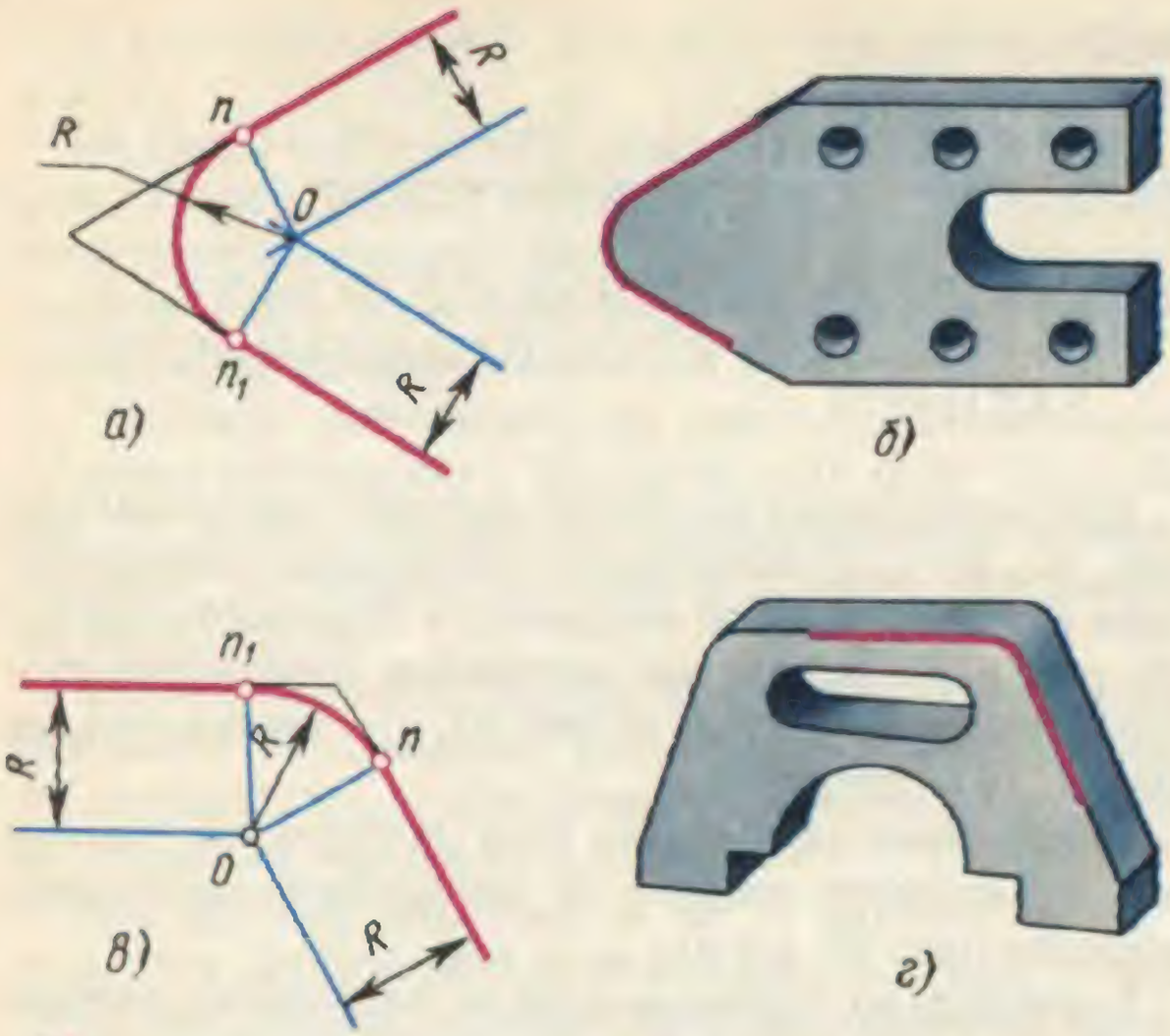


РИС. 62

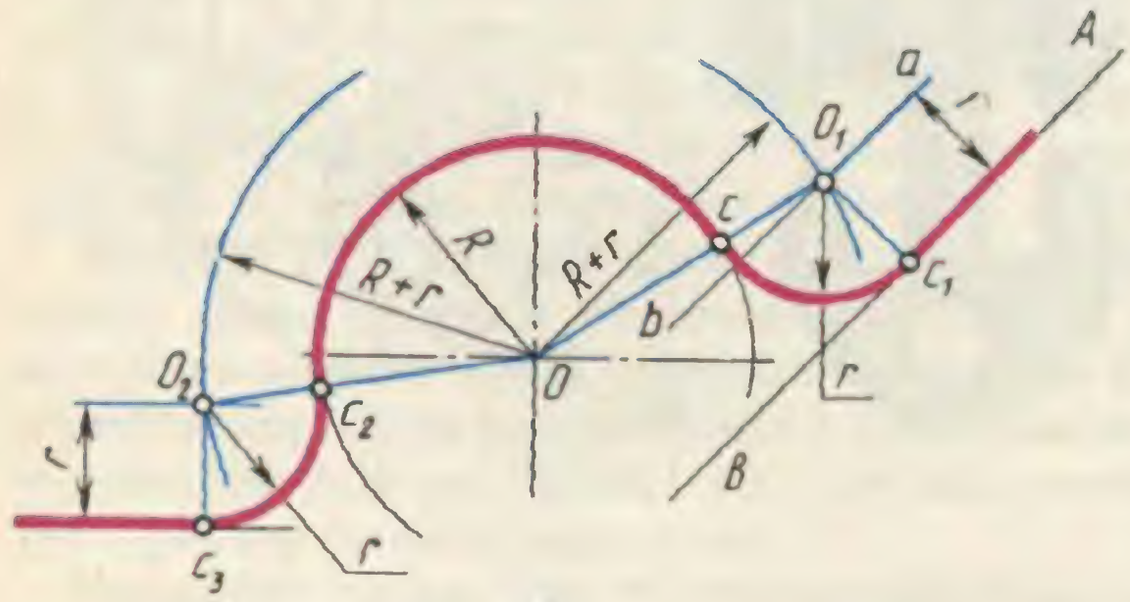
линии. Точка пересечения этих прямых (точка O) будет центром дуги радиуса R, т. е. центром сопряжения. Из центра O описывают дугу, плавно переходящую в прямые — стороны угла. Дугу заканчивают в точках сопряжения n и n_1, которые являются основаниями перпендикуляров, опущенных из центра O на стороны угла.

При построении сопряжения сторон прямого угла центр дуги сопряжения проще находить с помощью циркуля (рис. 62, *д*). Из вершины угла A проводят дугу радиусом R, равным радиусу сопряжения. На сторонах угла получают точки сопряжения n и n_1. Из этих точек, как из центров, проводят дуги радиусом R до взаимного пересечения в точке O, являющейся центром сопряжения. Из центра O описывают дугу сопряжения.

§ 2. СОПРЯЖЕНИЕ ПРЯМОЙ С ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ

Сопряжение прямой с дугой окружности может быть выполнено при помощи дуги с внутренним касанием (рис. 63, *в*) и дуги с внешним касанием (рис. 63, *а*).

На рис. 63, *а* показано сопряжение дуги окружности радиусом R и прямой линии AB дугой окружности радиуса r с внешним касанием. Для построения такого сопряжения проводят окружность радиуса R и прямую AB. Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу r (радиус сопрягающей дуги), проводят прямую ab. Из центра O проводят дугу окружности



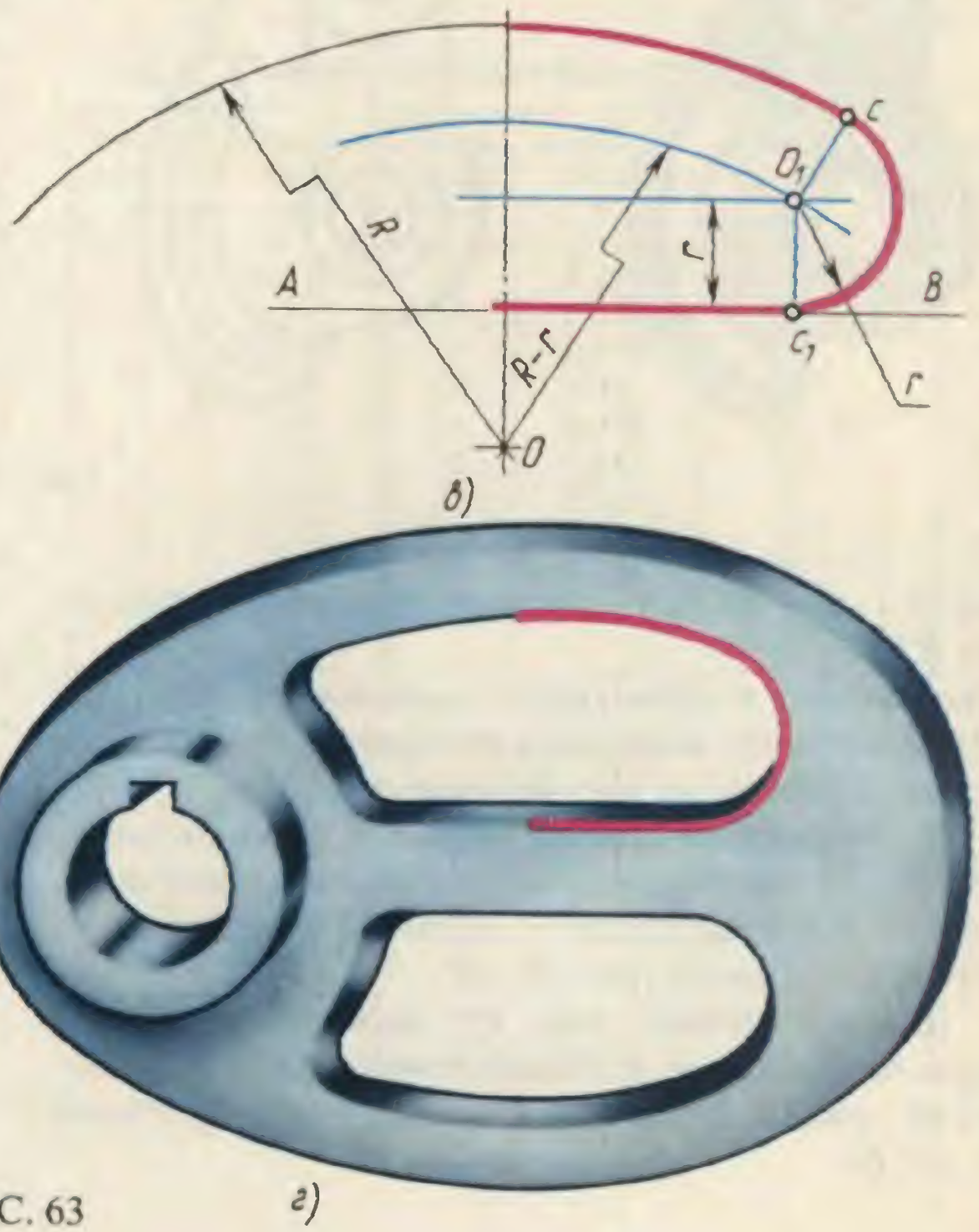


РИС. 63

радиусом, равным сумме радиусов R и r, до пересечения ее с прямой ab в точке O_1. Точка O_1 является центром дуги сопряжения.

Точку сопряжения c находят на пересечении прямой OO_1 с дугой окружности радиуса R. Точка сопряжения c_1 является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O_1 на данную прямую AB. При помощи аналогичных построений могут быть найдены точки O_2, c_2, c_3.

На рис. 63, *б* показан кронштейн, при вычерчивании контура которого необходимо выполнить построения, описанные выше.

На рис. 63, *в* выполнено сопряжение дуги радиуса R с прямой AB дугой радиуса r с внутренним касанием. Центр дуги сопряжения O_1 находится на пересечении вспомогательной прямой, проведенной параллельно данной прямой на расстоянии r, с дугой вспомогательной окружности, описанной из центра O радиусом, равным разности $R—r$. Точка сопряжения c_1 является основанием перпендикуляра, опущенного из точки O_1 на данную прямую. Точку сопряжения c находят на пересечении прямой OO_1 с сопрягаемой дугой. Такое сопряжение выполняют, например, при вычерчивании контура маховика, показанного на рис. 63, *г*.

§3. СОПРЯЖЕНИЕ ДУГИ С ДУГОЙ

Сопряжение двух дуг окружностей может быть внутренним, внешним и смешанным.

При внутреннем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги радиуса R (рис. 64, *б*).

При внешнем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг радиусов R_1 и R_2 находятся вне сопрягающей дуги радиуса R (рис. 64, *в*).

При смешанном сопряжении центр O_1 одной из сопрягаемых дуг лежит внутри сопрягающей дуги радиуса R, а центр O другой сопрягаемой дуги вне ее (рис. 65, *а*).

На рис. 64, *а* показана деталь (серьга), при вычерчивании которой необходимо построение внутреннего и внешнего сопряжения.

Построение внутреннего сопряжения.

Задано:

а) радиусы сопрягаемых окружностей R_1 и R_2;

б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;

в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти точки сопряжения s_1 и s;

в) провести дугу сопряжения.

Построение сопряжения показано на рис. 64, *б*. По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1, из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2. Из центра O_1 проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_2, а из центра O — радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_1. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2, которая и будет искомым центром сопрягающей дуги.

Для нахождения точек сопряжения точку O_2 соединяют с точками O и O_1 прямыми линиями. Точки пересечения продолжения прямых O_2O и O_2O_1 с сопрягаемыми дугами являются искомыми точками сопряжения (точки s и s_1).

Радиусом R из центра O_2 проводят сопрягающую дугу между точками сопряжения s и s_1.

Построение внешнего сопряжения.

Задано:

а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей;

б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;

в) радиус R сопрягающей дуги.

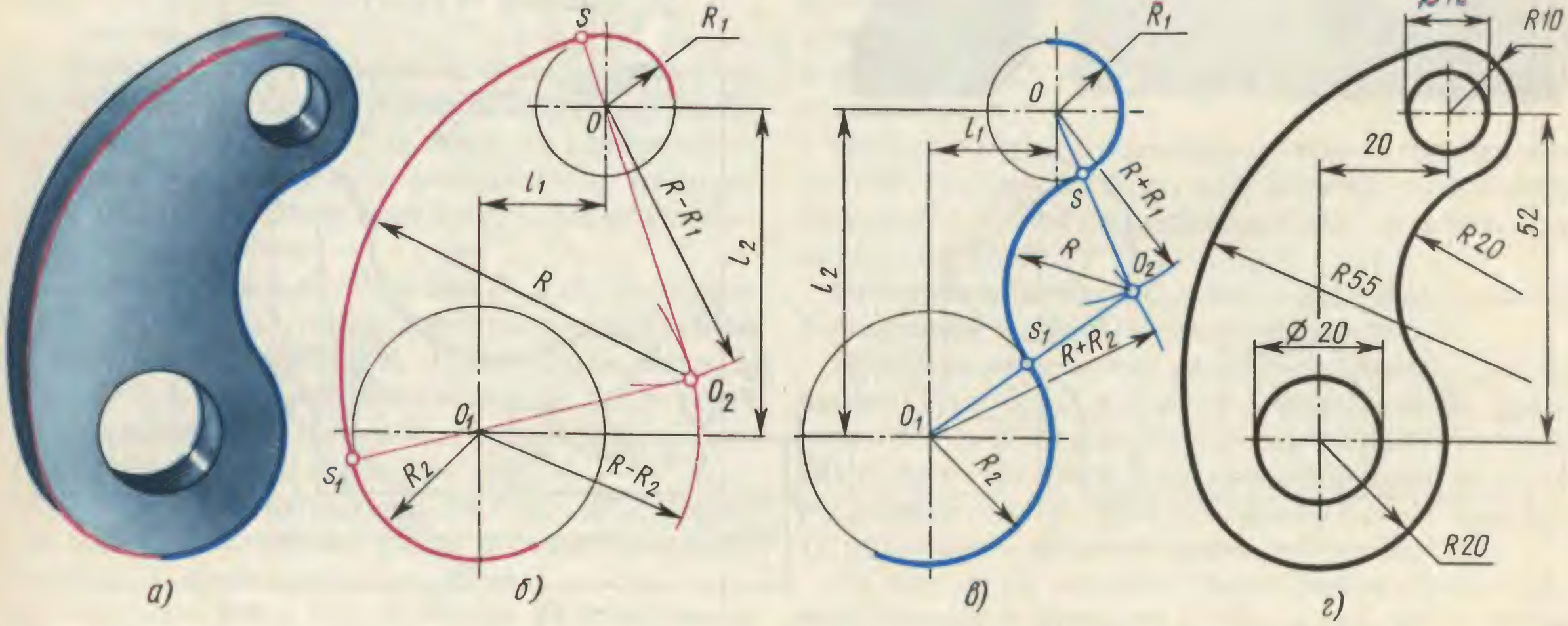


РИС. 64

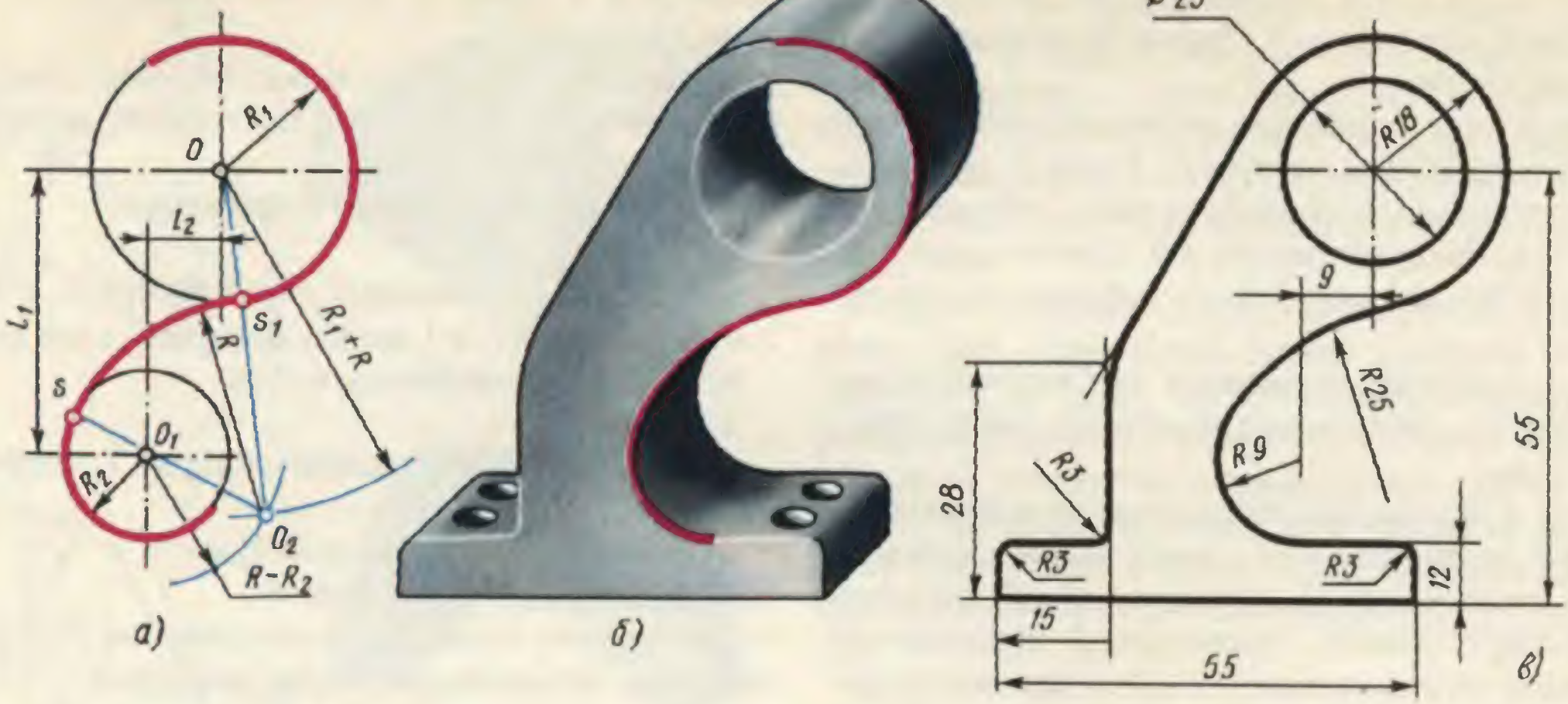


РИС. 65

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти точки сопряжения s и s_1;

в) провести дугу сопряжения.

Построение внешнего сопряжения показано на рис. 64, *в*. По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже находят точки O и O_1, из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2. Из центра O проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R, а из центра O_1 — радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_2 и сопрягающей R. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2, которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Для нахождения точек сопряжения центры дуг сое-

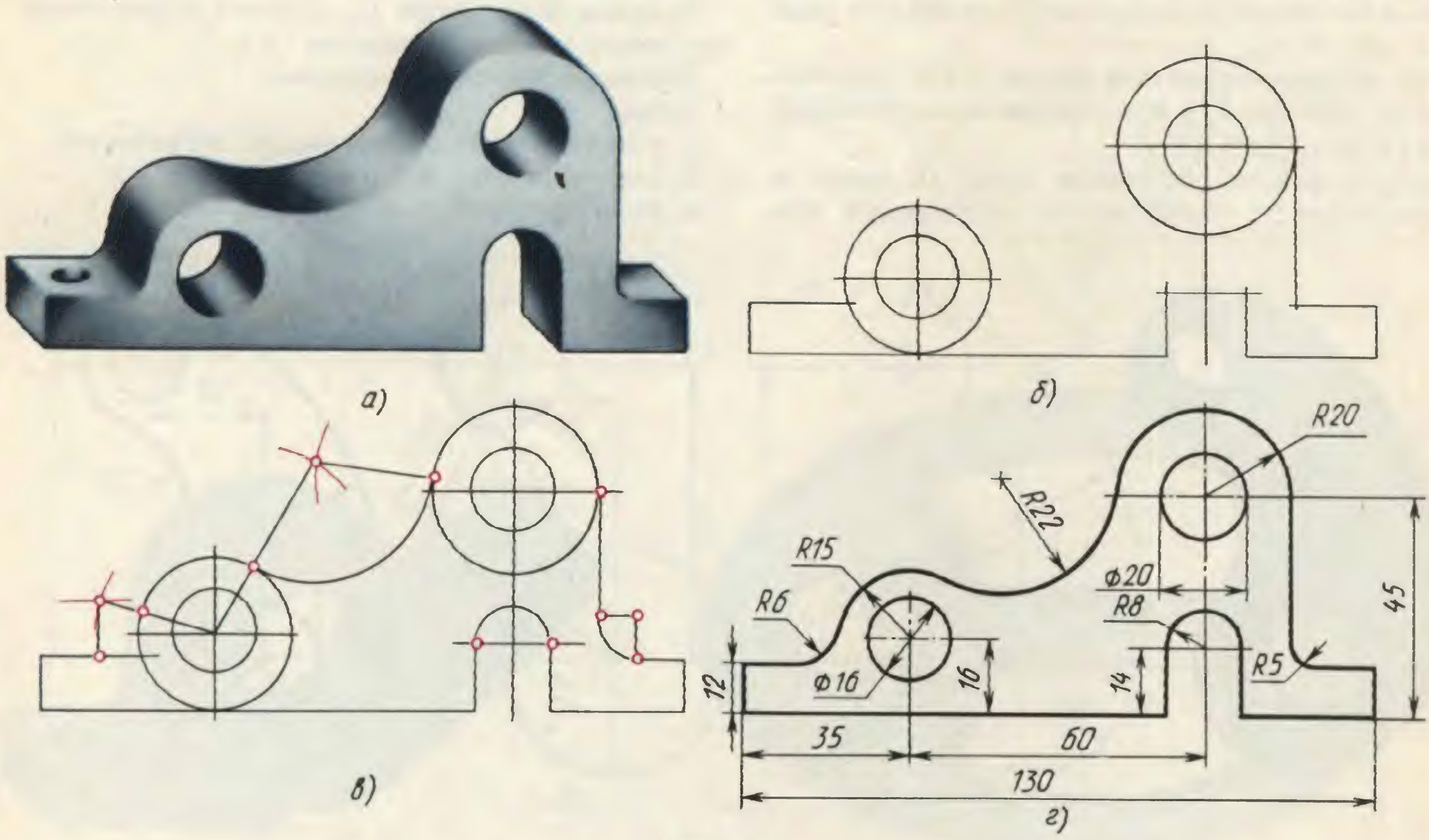


РИС. 66

диняют прямыми линиями OO_2 и O_1O_2. Эти две прямые пересекают сопрягаемые дуги в точках сопряжения s и s_1.

Из центра O_2 радиусом R проводят сопрягающую дугу, ограничивая ее точками сопряжения s_1 и s.

Построение смешанного сопряжения. Пример смешанного сопряжения приведен на рис. 65, *б* и *в*, где изображены кронштейн и его чертеж.

Задано:

а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей;

б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;

в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти точки сопряжения s и s_1;

в) провести дугу сопряжения.

По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1, из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2. Из центра O проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R, а из центра O_1 — радиусом, равным разности радиусов R и R_2. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2, которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Соединив точки O и O_2 прямой, получают точку сопряжения s_1; соединив точки O_1 и O_2, находят точку сопряжения s. Из центра O_2 проводят дугу сопряжения от s до s_1.

При вычерчивании контура детали необходимо разобраться, где имеются плавные переходы, и представить себе, где надо выполнить те или иные виды сопряжения.

Для приобретения навыков построения сопряжения выполняют упражнения по вычерчиванию контуров сложных деталей. Перед упражнением необходимо просмотреть задание, наметить порядок построения сопряжений и только после этого приступить к выполнению построений.

На рис. 66, *а* изображена деталь (кронштейн), а на рис. 66, *б, в, г* показана последовательность выполнения контурного очертания этой детали с построением различных видов сопряжений.

ГЛАВА 8
КОРОБОВЫЕ КРИВЫЕ ЛИНИИ

Контуры таких деталей, как фланец и кулачок, могут ограничиваться коробовыми кривыми. Коробовые кривые состоят из сопрягающихся дуг окружностей различных диаметров. К таким кривым относятся овалы, овоиды, завитки.

§ 1. ПОСТРОЕНИЕ ОВАЛА И ОВОИДА

Последовательность построения овала по заданному размеру большой оси овала AB производят следующим образом (рис. 67, *а*). Ось AB делят на три равные части (A_1O, O_1O_2, O_2B). Радиусом, равным O_1O_2, из точек деления O_1 и O_2 проводят окружности, пересекающиеся в точках m и n.

Соединив точки n и m с точками O_1 и O_2, получают прямые nO_1, nO_2, mO_1 и mO_2, которые продолжают до пересечения с окружностями. Полученные точки *1, 2, 3* и *4* являются точками сопряжения дуг. Из точек m и n, как из центров, радиусом R_1, равным *n2* и *m3*, проводят верхнюю дугу *12* и нижнюю дугу *34*.

Контур фланца, изображенный на рис. 67, *б*, имеет форму овала. Построение овала по двум заданным осям AB и CD приведено на рис. 67, *в*.

Проводят оси AB и CD. Из точки их пересечения радиусом OC (половина малой оси овала) проводят дугу до пересечения с большой осью овала AB в точке N. Точку A соединяют прямой с точкой C и на ней от точки C откладывают отрезок NB, получают точку N_1. В середине отрезка AN_1 восставляют перпендикуляр и продолжают его до пересечения с большой и малой осями овала в точках O_1 и n. Расстояние OO_1 откладывают по большой оси овала вправо от точки O, а расстояние on от точки O откладывают по малой оси овала вверх, получают точки n_1 и O_2. Точки n и n_1 являются центрами верхней дуги *12* и нижней дуги *34* овала, а точки O_1 и O_2 — центрами дуг *13* и *24*. Получают искомый овал.

Овоид в отличие от овала имеет только одну ось симметрии. Радиусы R и R_1 дуг окружностей, центры которых лежат на оси симметрии овоида, не равны друг другу (рис. 67, *д*).

Построение овоида по заданной оси AB выполняется в следующей последовательности (рис. 67, *д*).

Проводят окружность диаметром, равным оси AB овоида. Из точек A и B через точку O_1 (точка пересечения окружности радиуса R с осью симметрии) проводят прямые. Из точек A и B, как из центров, радиусом R_2, равным оси AB, проводят дуги An и Bm, а из центра O_1 радиусом R_1 проводят малую дугу овоида nm.

На рис. 67, *е* показана часть распределительного вала двигателя; профиль кулачков вала имеет форму овоида.

§ 2. КОРОБОВЫЕ КРИВЫЕ ЛИНИИ

Некоторые детали машин, приборов, инструменты для обработки металлов имеют контуры, ограниченные замкнутыми кривыми линиями, состоящими из взаимно сопрягающихся дуг окружностей различных диаметров. К таким кривым, которые называются коробовыми, относятся овал и овоид.

Овал (рис. 88, *а*) представляет собой сопряжение двух дуг окружности радиуса r с двумя дугами окружности радиуса R.

В этом случае имеет место внутреннее сопряжение, так как центры O_1 и O_2 сопрягаемых дуг радиуса r расположены внутри сопрягающей дуги радиуса R.

Очертания контура в виде овала имеют некоторые детали машин и инструменты, например шарошки или бор-напильники (рис. 88, *б*), крышки (рис. 88, *в*) и др.

Часто при вычерчивании контуров овальных деталей, а также при выполнении их технических рисунков задаются не радиусы дуг, а величины большой и малой осей овала.

Построение овала по величинам большой и малой осей приведено на рис. 88, *а*. По двум перпендикулярным осям откладывают заданные длины осей овала: большой AB (по горизонтали) и малой CD (по вертикали). Точки A и C — концы большой и малой осей соединяют прямой AC. Из точки O радиусом, равным длине большой полуоси, засекают на продолжении малой оси точку N ($OA = ON$), а из точки C радиусом, равным CN, засекают на прямой AC точку M ($CN = CM$). Отрезок AM делят пополам и получают точку K. Перпендикуляр к прямой AM, проведенный через точку K, пересекает большую полуось AO в точке O_1 и продолжение малой полуоси в точке E. Точка O_1 является центром сопрягаемой дуги радиуса $r = AO_1$, а точка E — центром сопрягающей дуги радиуса $R = EC$. Правая половина овала вычерчивается аналогично.

Овоид в отличие от овала имеет только одну ось симметрии. Радиусы r и r_1 дуг окружностей, центры которых лежат на оси симметрии овоида, не равны друг другу (рис. 88, *г*). Способ построения овоида сходен со способом построения овала.

Простейший способ построения овоида по заданной величине радиуса r_1 большей сопрягаемой дуги показан на рис. 88, *г* и заключается в следующем.

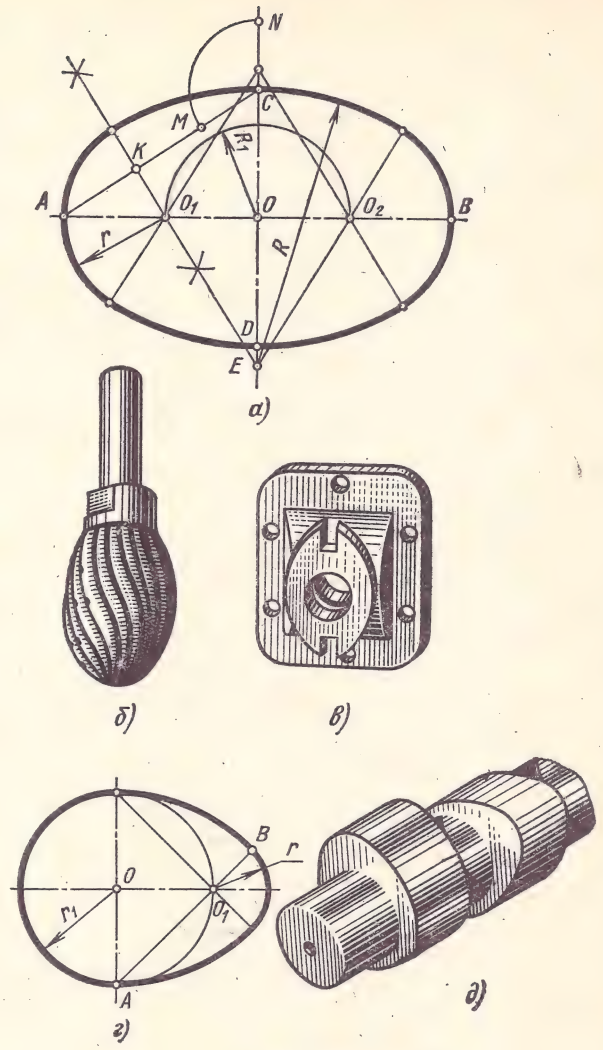


Рис. 88

Проводят окружность данного радиуса r_1. Точку пересечения O_1 этой окружности с осью симметрии овоида соединяют прямой с концом вертикального диаметра заданной дуги — точкой A. Из точки A радиусом, равным $2r_1$, описывают дугу окружности до пересечения в точке B с продолжением прямой AO_1. Из точки O_1 проводят третью, малую дугу овоида.

На рис. 88, *д* показан распределительный вал двигателя; профиль кулачков вала имеет форму овоида.

ГЛАВА 4

ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

§ 1. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ КРИВЫХ ПО ЛЕКАЛУ

Если кривая задается многими точками и представляет собой целый ряд переходящих одна в другую дуг разных радиусов так, что провести их циркулем невозможно, то такая кривая называется лекальной (рис. 89).

Лекальные кривые — эллипс, парабола, гипербола, синусоида, спираль Архимеда, эвольвента (развертка круга), циклоидальные кривые и другие — часто встречаются в машиностроительных чертежах, поэтому необходимо изучить законы образования и освоить приемы построения этих кривых. Лекальные кривые не могут быть точно вычерчены циркулем. Точное построение таких кривых возможно путем нахождения некоторого количества точек, которые предварительно соединяют от руки карандашом плавной тонкой линией, а затем обводят мягким карандашом или тушью по лекалу.

Чтобы получить плавную лекальную кривую, необходимо иметь набор из нескольких лекал. Выбрав подходящее лекало, надо подогнать кромку части лекала к возможно большему количеству заданных точек кривой. На рис. 89 участок кривой между точками *1—6* уже обведен. Чтобы обвести следующий участок кривой, нужно подогнать кромку лекала, например, к точкам *5—10*, при этом лекало должно касаться части уже обведенной кривой (между точками *5* и *6*). Затем обводят кривую между точками *6* и *9*, оставляя участок между точками *9* и *10* необведенным, что позволит получить кривую между точками *9* и *12* более плавной.

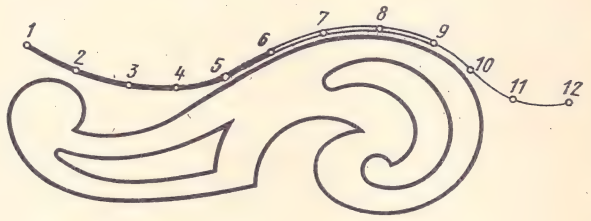
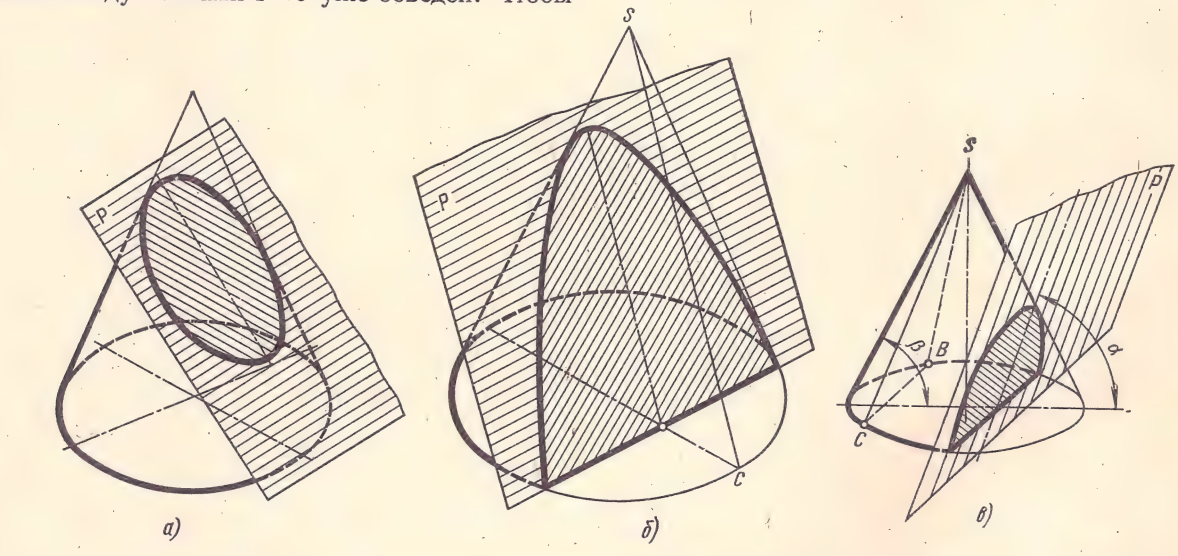


Рис. 89

§ 2. КРИВЫЕ КОНИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ

Эллипс, парабола и гипербола получаются при сечении прямого кругового конуса плоскостями, различно расположенными по отношению к оси конуса.



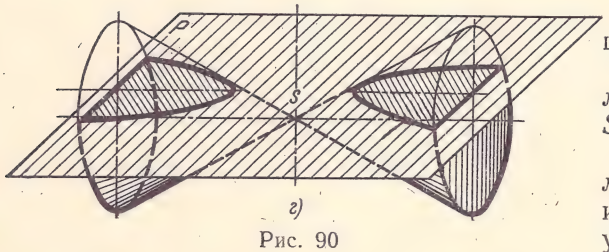


Рис. 90

При пересечении плоскостью P всех образующих конуса (рис. 90, *а*) получается эллипс.

При пересечении конуса плоскостью P, параллельной одной из образующих конуса, например SC (рис. 92, *б*), получается парабола.

При пересечении конуса плоскостью P, параллельной двум образующим конуса, например SC и SB (рис. 90, *в*), образуется гипербола; при этом угол α всегда больше угла β. Если плоскость P

проходит через вершину конуса, в сечении получается треугольник.

В частном случае гипербола получается при пересечении конуса плоскостью, параллельной его оси (рис. 90, *г*).

Эллипс — замкнутая плоская выпуклая кривая (рис. 91, *а*), сумма расстояний каждой точки которой до двух данных точек (фокусов), лежащих на его большой оси, есть величина постоянная и равная длине большой оси, например, $F_1E + F_2E = AB$.

Рассмотрим пример построения эллипса по заданному расстоянию между фокусами F_1 и F_2 и длине его большой оси AB (рис. 91, *а*).

На большой оси AB эллипса откладывают слева и справа от ее середины O по половине расстояния между фокусами и получают точки F_1 и F_2.

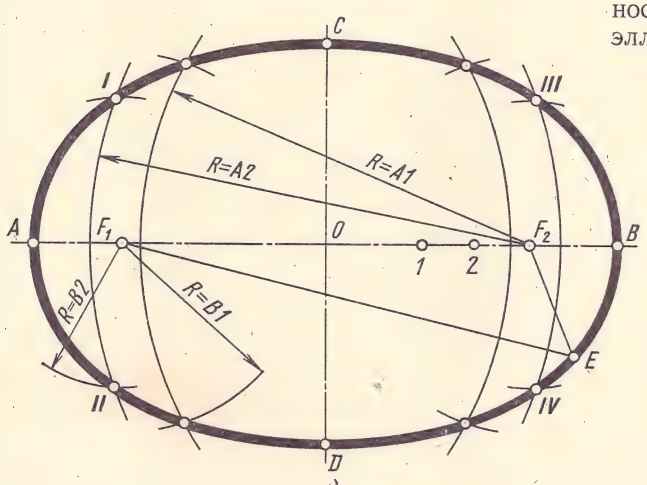
Через точку O перпендикулярно AB проводят прямую, на которой располагается малая ось эллипса. Концы малой оси эллипса C и D получают, делая засечки на этой прямой из точки F_1 (или F_2) радиусом, равным половине длины большой оси (AO или BO).

Чтобы найти какую-либо точку эллипса, необходимо на его большой оси, слева от фокуса F_2, взять произвольно расположенную точку *2*. Затем из фокусов, как из центров, проводят две дуги окружности радиуса *A2* и две дуги радиуса *B2*. Пересечение этих четырех дуг даст четыре точки *I*, *II*, *III*, *IV*, принадлежащих эллипсу. Также находят и другие точки эллипса.

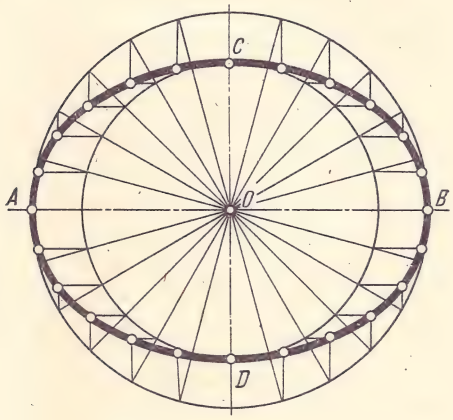
Второй, широко применяемый в технике способ построения эллипса по большой AB и малой CD осям представлен на рис. 91, *б*.

Проводят две перпендикулярные осевые линии (рис. 91, *б*). Затем от центра O откладывают вверх и вниз по вертикальной оси отрезки, равные длине малой полуоси, а влево и вправо по горизонтальной оси — отрезки, равные длине большой полуоси.

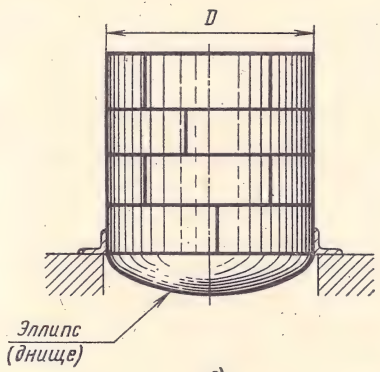
Из центра O радиусами OA и OC проводят две концентрические окружности и ряд лучей-диаметров. Из точек пересечения лучей с окружностями проводят линии, параллельные осям эллипса, до взаимного пересечения в точках,



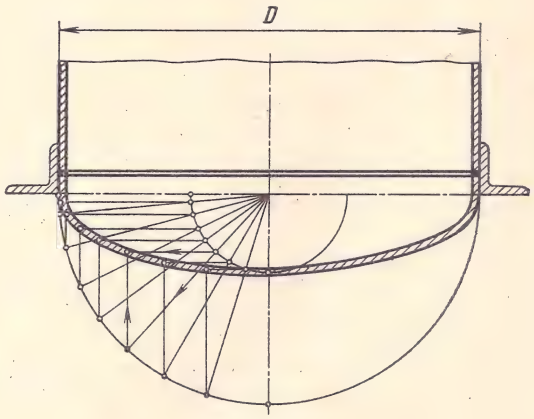
а)



б)



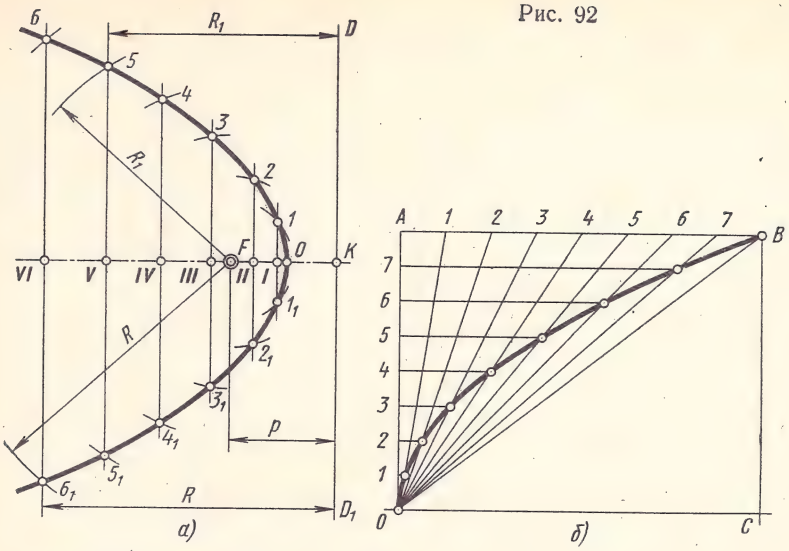
в)



г)

Рис. 91

Рис. 92



принадлежащих эллипсу. Намеченную линию обводят по лекалу.

На рис. 91, *в* показан резервуар, днище которого имеет форму эллипса.

Построение очертания днища (половины эллипса) приведено на рис. 91, *г*. Большой осью эллипса является диаметр *D* цилиндрической части резервуара, а малой полуосью эллипса — наибольшее расстояние по вертикали от большой оси до днища.

Парабола — плоская кривая, каждая точка которой равноудалена от директрисы DD_1 — прямой, перпендикулярной к оси симметрии параболы, и от фокуса *F* — точки, расположенной на оси симметрии параболы (рис. 92, *а*).

Расстояние *KF* между директрисой и фокусом называется параметром *p* параболы. Точка *O*, лежащая на оси симметрии, называется вершиной параболы и делит параметр *p* пополам.

Для построения параболы по заданной величине параметра *p* (рис. 92, *а*) проводят ось симметрии параболы (на рисунке горизонтально) и откладывают отрезок $KF = p$. Через точку *K* перпендикулярно оси симметрии проводят директрису DD_1. Отрезок *KF* делят пополам и получают вершину *O* параболы. От вершины *O* влево на оси симметрии намечают ряд произвольных точек *I*—*VI* с постепенно увеличивающимся расстоянием между ними. Через эти точки проводят вспомогательные прямые, перпендикулярные оси. На вспомогательных прямых из фокуса *F* делают засечки радиусом, равным расстоянию от прямой до директрисы. Например, из точки *F* на вспомогательной прямой, проходящей через точку *V*, делают засечку дугой $R_1 = KV$; полученная точка *5* принадлежит параболе.

Если требуется построить параболу по заданной вершине *O*, оси *OC* и точке *B* (рис. 92, *б*), то строят вспомогательный прямоугольник *ABCO*. Стороны прямоугольника *AB* и *AO* делят на равные части и точки делений нумеруют. Верхний ряд точек соединяют с вершиной *O*, а через точки, расположенные на *AO*, проводят прямые линии, параллельные оси параболы. Точки пересечения горизонтальных прямых *1*, *2*, *3*, ... с лучами *O1*, *O2*, *O3*, ... принадлежат параболе.

В станкостроении и других отраслях машиностроения часто применяются детали, контурные очертания которых выполнены по параболе, например, стойка и рукав радиально-сверлильного станка (рис. 93, *а*).

Построение параболы для контурного очертания рукава радиально-сверлильного станка приведено на рис. 93, *б*. Данными для построения являются две точки параболы *A* и *B* и направление касательных, проходящих через эти точки и пересекающихся в точке *C*.

Гипербола — плоская кривая, состоящая из двух разомкнутых симметрично расположенных ветвей (рис. 94, *а*). Разность расстояний от каждой точки гиперболы до фокусов *F* и F_1 есть величина постоянная и равная расстоянию между вершинами гиперболы *A* и *B*.

Рассмотрим прием построения гиперболы по заданным вершинам *A* и *B* и фокусному расстоянию FF_1.

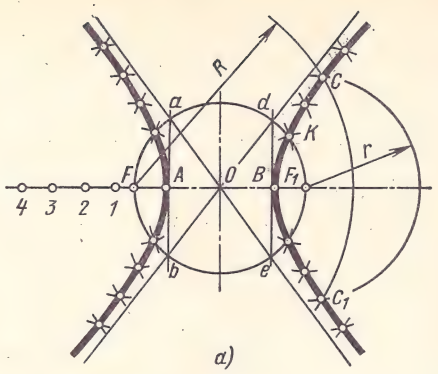
Разделив фокусное расстояние FF_1 пополам, получают точку *O*, от которой в обе стороны откладывают по половине заданного расстояния между вершинами *A* и *B* (рис. 94, *а*). Слева от фокуса *F* намечают ряд произвольных точек *1*, *2*, *3*, *4* ... с постепенно увеличивающимся расстоянием между ними. Из фокуса *F* описывают дугу вспомогательной окружности радиусом *R*, равным, например, расстоянию от вершины гиперболы *B* до точки *3*. Из фокуса F_1 проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом *r*, равным расстоянию от вершины *A* до точки *3*. На пересечении этих дуг находят точки *C* и C_1, принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы.

Вторую (левую) ветвь гиперболы строят аналогичным образом.

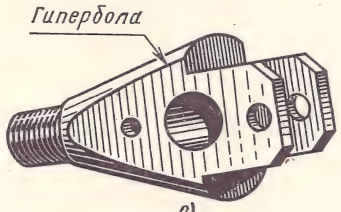
На рис. 94, *в* показана проушина с конической поверхностью, срезанной двумя плоскостями, параллельными оси конуса; в сечении образуются гиперболы.

В технике очертания деталей чаще выполняют по равнобочной гиперболе, построение которой показано на рис. 94, *б*. Ветвь равнобочной гиперболы постепенно приближается к сторонам прямого угла с вершиной в точке *о*. Стороны прямого угла называются асимптотами гиперболы.

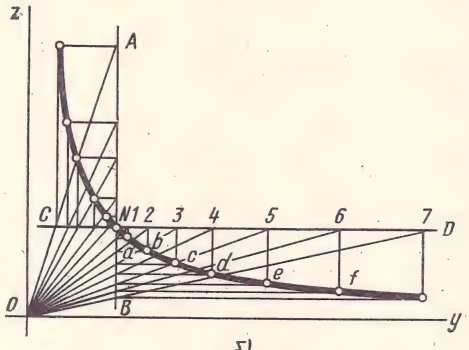
Данные для построения равнобочной гиперболы: оси *oz* и *oy* и точка *N* гиперболы. Через точку *N* проводят прямые *AB* и *CD*, параллельные осям *oz* и *oy*. На прямой *CD* намечают несколько произвольных точек *1*, *2*, *3*... , через которые проводят прямые, параллельные оси *oz*. Через эти же точки и точку *о* проводят ряд лучей, пересекающих прямую *AB*. Из полученных точек пересечения проводят прямые, параллельные оси *oy*. В пересечении этих прямых с прямыми, проведенными из точек *1*, *2*, *3*... параллельно оси *oz*, получают точки *a*, *b*, *c*, *d*..., принадлежащие гиперболе.



а)

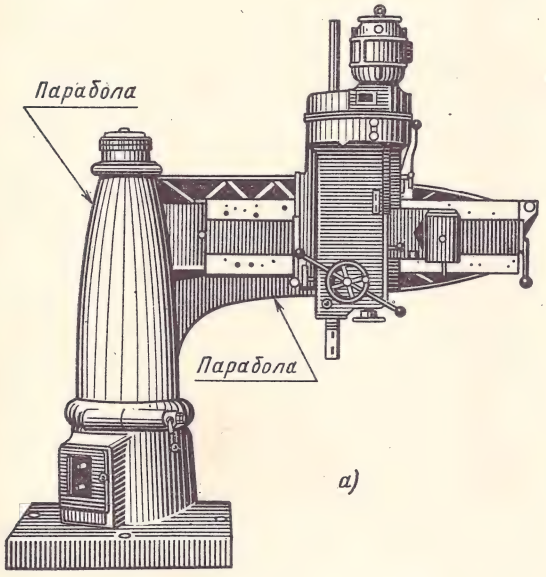


в)

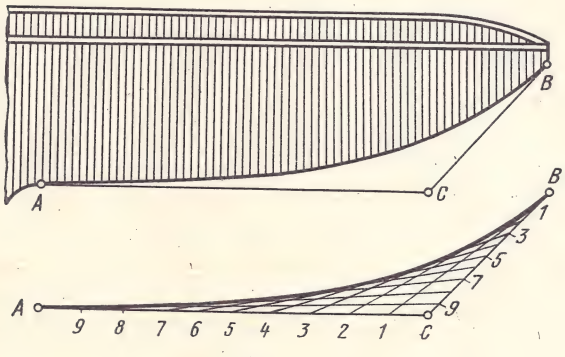


б)

Рис. 94



а)



б)

Рис. 93

§ 3. СИНУСОИДА

Синусоида — плоская кривая, выражающая закон изменения синуса в зависимости от изменения величины угла (рис. 95, *а*).

Величина *r* называется амплитудой синусоиды, *L* — длиной волны или периодом синусоиды. Длина волны синусоиды $L = 2\pi r$.

Для построения синусоиды проводят горизонтально ось и на ней откладывают заданную длину волны *AB* (рис. 95, *а*). Отрезок *AB* делят на несколько равных частей, например на 12. Слева вычерчивают окружность, радиус которой равен величине амплитуды, и делят ее также на 12 равных частей. Точки деления нумеруют. Из точек деления отрезка *AB* восставляют перпендикуляры к оси синусоиды и на них проецируют в горизонтальном направлении точки деления окружности. Полученные точки синусоиды a_1, a_2, a_3... соединяют по лекалу кривой.

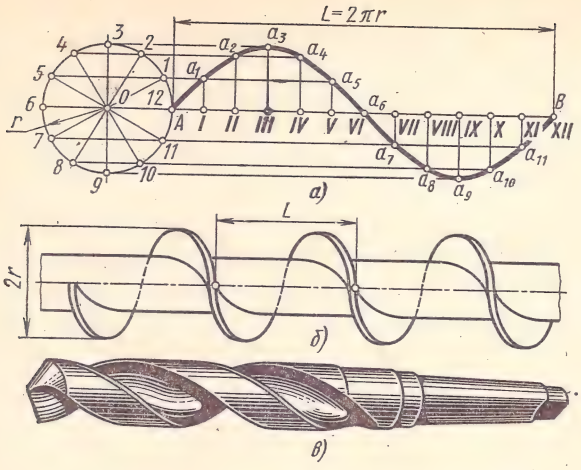


Рис. 95

При выполнении чертежей деталей или инструментов, поверхности которых очерчены по синусоиде (рис. 95, *б* и *в*), величину длины волны *AB* обычно выбирают независимо от размера амплитуды *r*. Например, при вычерчивании шнека (рис. 95, *б*) длина волны *L* меньше размера $2\pi r$. Такая синусоида называется сжатой. При вычерчивании сверла (рис. 95, *в*) длина волны больше размера $2\pi r$. Такая синусоида называется вытянутой.

§ 4. СПИРАЛЬ АРХИМЕДА

Спираль Архимеда — плоская кривая, которую описывает точка, движущаяся равномерно-поступательно от центра *O* по вращающемуся радиусу (рис. 96).

Для построения спирали Архимеда задаются шагом *S* — расстоянием от центра *O* до точки *VIII*, т. е. длиной пути, который проходит точка *A* по радиусу за один оборот этого радиуса.

Для построения спирали из центра *O* проводят окружность радиусом, равным шагу *S* спирали, и делят шаг и окружность на несколько равных частей (рис. 96, *а*). Точки деления нумеруют.

Из центра *O* радиусами *O*1, *O*2 и т. д. проводят дуги до пересечения с соответствующими радиусами. Например, дуга радиуса *O*3 пересекается с радиусом $O3_1$ в точке *III*. Полученные точки *I*, *II*, ..., *VIII*, принадлежащие спирали Архимеда, соединяют плавной кривой по лекалу.

В машиностроении спираль Архимеда применяется, например, для сообщения движения по радиусу кулачкам зажимного патрона токарного станка (рис. 96, *б*). На тыльной стороне большой конической шестерни нарезаны канавки по спирали Архимеда. В канавки входят выступы кулачков, которые также выполнены по спирали. При вращении шестерни кулачки будут перемещаться в радиальном направлении. Схема этого механизма показана на рис. 96, *в*.

§ 5. ЭВОЛЬВЕНТА

Эвольвентой окружности называется траектория (путь) точки прямой линии, когда эта прямая катится без скольжения по окружности.

На неподвижный диск диаметром *D* навернут шнур длиной πD (рис. 97, *а*). Один конец шнура закреплен в точке *A*, а другой конец при развертывании по направлению стрелок (в натянутом положении) опишет траекторию (путь) в виде плоской кривой линии — эвольвенты.

В машиностроении профили зубьев колес и зуборезный инструмент — пальцевая фреза — выполнены по эвольвенте (рис. 97, *б*).

Для построения эвольвенты заданную окружность диаметра *D* делят на несколько равных частей (на рис. 97, *в* — на 12 частей), которые нумеруют. Из конечной точки *12* проводят каса-

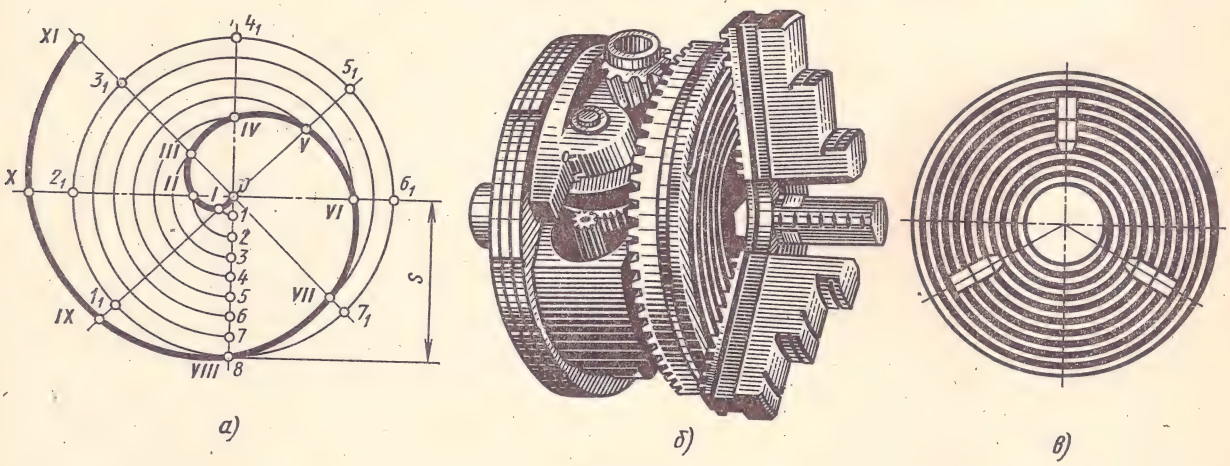


Рис. 96

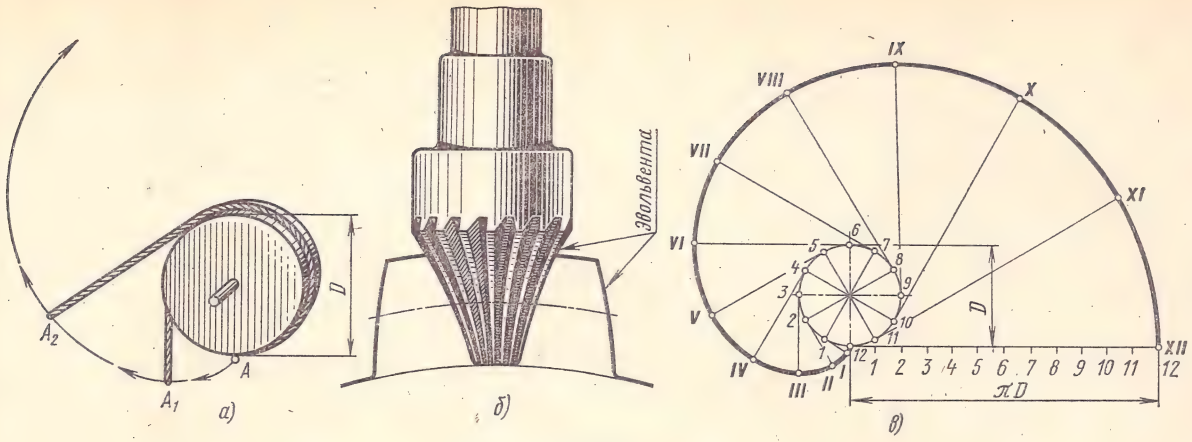


Рис. 97

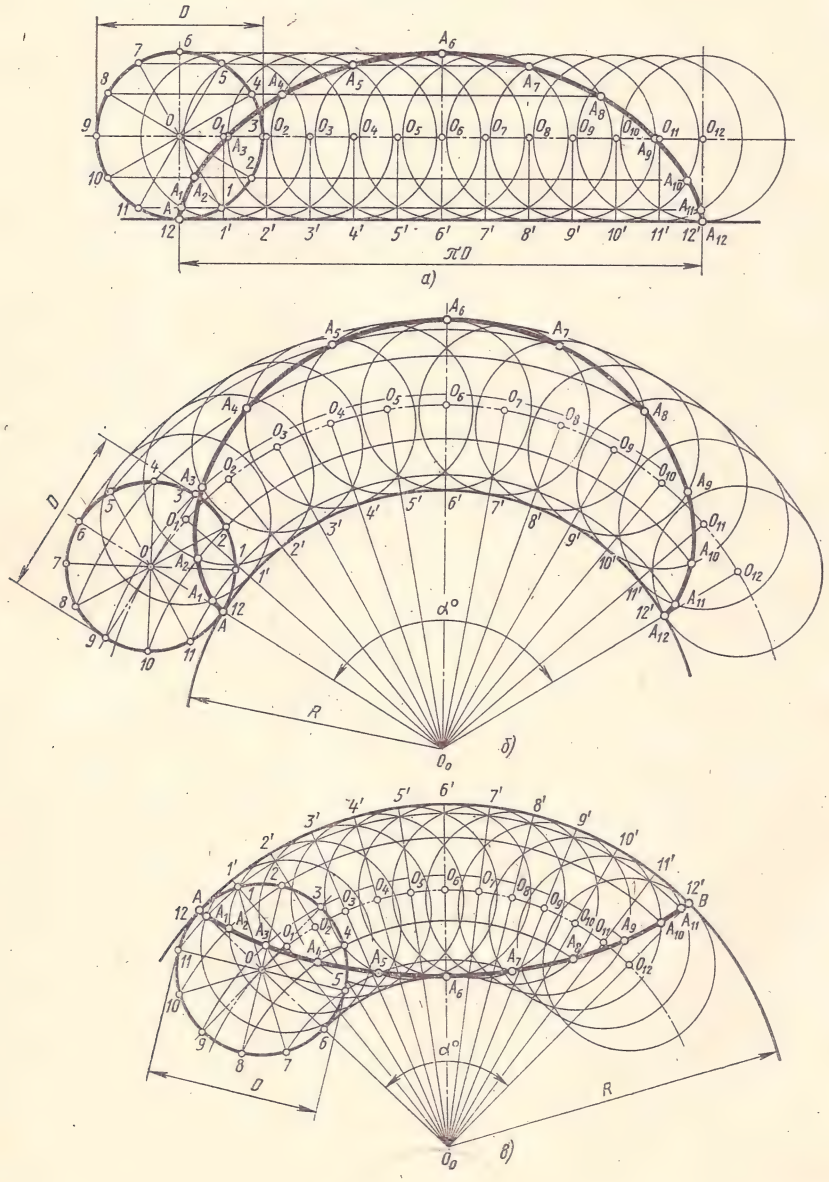


Рис. 98

тельную к окружности и на ней откладывают длину окружности, равную πD. Длину окружности делят также на 12 равных частей. Из точек делений окружности *1*, *2*, *3*,..., *12* проводят касательные и на них откладывают отрезки прямых, равные $1I = \frac{\pi D}{12}$; $2II = \frac{2\pi D}{12} = \frac{\pi D}{6}$; $3III = \frac{3\pi D}{12} = \frac{\pi D}{4}$; ...; $12XII = \frac{12\pi D}{12} = \pi D$.

Соединив точки *I—XII* по лекалу, получают эвольвенту окружности.

§ 6. ЦИКЛОИДАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Циклоида — траектория (путь) точки A, лежащей на окружности, которая катится без скольжения по прямой AA_{12} (рис. 98, *а*).

Эпициклоида — траектория точки A, лежащей на окружности диаметра D (рис. 98, *б*), которая катится без скольжения по направляющей окружности радиуса R (касание внешнее).

Гипоциклоида — траектория точки A, лежащей на окружности диаметра D (рис. 98, *в*), которая катится без скольжения по окружности радиуса R (касание внутреннее).

Построение циклоиды. На направляющей горизонтальной прямой AA_{12} (рис. 98, *а*) откладывают длину производящей окружности диаметра D, равную πD. Окружность диаметра D и отрезок AA_{12} делят на несколько равных частей, например на 12. Из точек делений *1'*, *2'*, *3'*, ..., *12'* восставляют перпендикуляры до пересечения с продолжением горизонтальной оси окружности в точках O_1, O_2, ..., O_{12}, а из точек делений окружности проводят горизонтальные прямые, на которых из точек O_1, O_2, ..., O_{12} делают засечки дугами окружности радиуса $\frac{D}{2}$ и получают точки A_1, A_2, A_3, ..., A_{12}, принадлежащие циклоиде.

Построение эпициклоиды. Производящую окружность диаметра D и направляющую окружность радиуса R проводят так, чтобы они касались в точке *12* (рис. 98, *б*). Производящую окружность делят на 12 равных частей. Из центра O_0 радиусом, равным $R + \frac{D}{2}$, проводят вспомогательную дугу.

Центральный угол α определяют по формуле $\alpha = 180° \cdot \frac{D}{R}$.

Разделив дугу направляющей окружности, ограниченную углом α, на 12 равных частей, получают точки *1'*, *2'*, *3'*, ..., *12'*. Из центра O_0 через точки *1'*, *2'*, *3'*, ..., *12'* проводят прямые, которые продолжают до пересечения с вспомогательной дугой в точках O_1, O_2, O_3, ..., O_{12}. Из центра O_0 проводят вспомогательные дуги

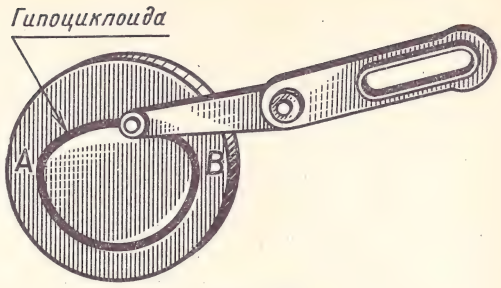


Рис. 99

через точки делений *1—12* производящей окружности.

Из точек O_1, O_2, O_3, ..., O_{12}, как из центров, проводят окружности диаметра D до пересечения с вспомогательными дугами в точках A_1, A_2, A_3, ..., A_{12}, которые принадлежат эпициклоиде.

Построение гипоциклоиды аналогично построению эпициклоиды. Направляющую окружность радиуса R и производящую окружность диаметра D проводят так, чтобы они касались в точке A (рис. 98, *в*). Дугу направляющей окружности, ограниченную углом $\alpha = 180° \cdot \frac{D}{R}$, делят на 12 равных частей; на столько же частей делят и производящую окружность. Точки деления дуги направляющей окружности соединяют с точкой O_0. В пересечении этих прямых с вспомогательной окружностью радиуса $R - \frac{D}{2}$ получают точки O_1, O_2, O_3, ..., O_{12}.

Из центра O_0 через точки деления производящей окружности проводят вспомогательные дуги.

Из точек O_1, O_2, O_3, ..., O_{12} описывают окружности радиуса $\frac{D}{2}$ до пересечения с вспомогательными дугами в точках A_1, A_2, A_3, ..., A_{12}, которые являются точками гипоциклоиды.

Контуры деталей, предназначенных для осуществления возвратно-поступательного движения, иногда очерчивают по циклоидальным кривым. Например, паз для пальца рычага (рис. 99) очерчен по гипоциклоиде.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сформулируйте понятие «сопряжение».
2. Какое сопряжение является внешним, внутренним и смешанным?
3. Как определяются точки сопряжения?
4. Каковы законы образования спирали Архимеда и синусоиды?
5. По каким линиям рассекается конус плоскостями, различно расположенными относительно его оси?
6. В чем разница в законах образования циклоиды, эпициклоиды и гипоциклоиды?

ЧАСТЬ III

ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Проекционное черчение базируется на материалах начертательной геометрии, которая изучает способы изображения пространственных форм на плоскости.

Проекционное черчение — основа машиностроительного черчения. В проекционном черчении изучаются практические приемы изображения геометрических тел и их сочетаний.

Какую бы сложную форму ни имели предметы или детали машин, всегда можно представить их как совокупность простейших геометрических тел или их частей. Поверхности деталей машин представляют собой плоскости и поверхности вращения (цилиндрическая, коническая, сферическая, торовая, винтовая). Пример детали, ограниченной такими простейшими геометрическими поверхностями, показан на рис. 100.

Изображение на плоскости предмета, расположенного в пространстве, полученное при помощи прямых линий — лучей, проведенных через каждую характерную точку предмета до пересечения этих лучей с плоскостью, называется **проекцией** этого предмета на данную плоскость.

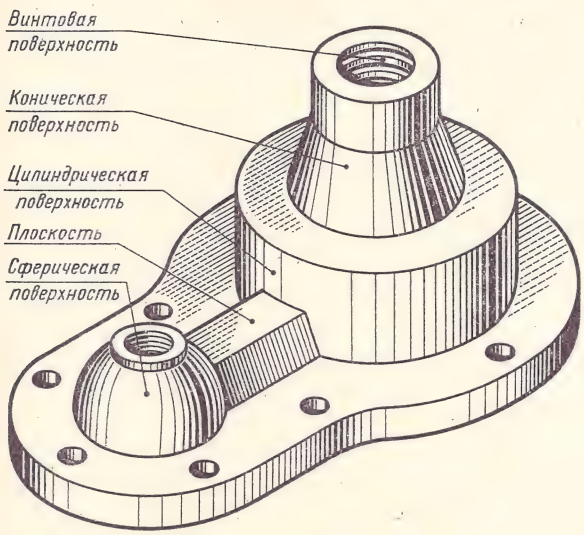


Рис. 100

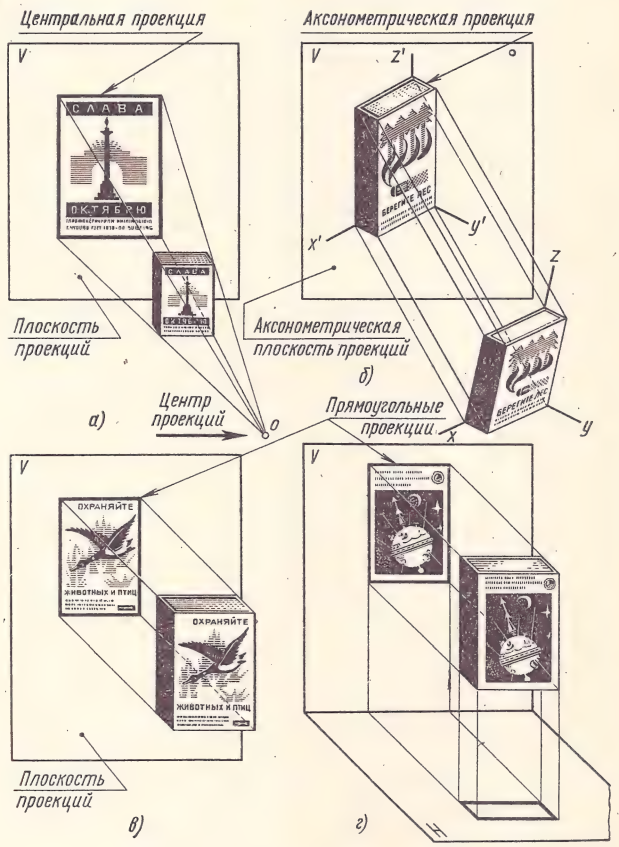


Рис. 101

Точки пересечения лучей с плоскостью называются проекциями точек предмета, а плоскость, на которую проецируются точки, — **плоскостью проекций.**

Если все лучи, называемые проецирующими прямыми, проводятся из одной точки (центра) O,

то полученное на плоскости проекций изображение предмета называется его **центральной проекцией.**

Например, центральная проекция предмета (спичечной коробки) получается таким образом: из точки схода лучей O (рис. 101, *а*), называемой центром проекций, проводят ряд лучей через все наиболее характерные точки предмета до пересечения с плоскостью проекций V.

В результате получим изображение предмета, называемое проекцией. Это изображение получается увеличенным — размеры изображения не соответствуют действительным размерам предмета. Такое изображение дает представление только о форме предмета, а не о его размерах. Поэтому центральные проекции в машиностроительных чертежах почти не применяются.

Если точку схода лучей (центр проекций) мысленно перенести в бесконечность (отодвинуть от плоскости проекций бесконечно далеко), то получим **аксонометрическую проекцию** предмета. При построении аксонометрической проекции предмета последний также размещается перед плоскостью проекций V, но проецирующие лучи проводят параллельно друг другу (рис. 101, *б*).

Аксонометрические проекции дают наглядное, но искаженное изображение предмета: прямые углы преобразуются в острые и тупые, окружности — в эллипсы и т. д. В технике аксонометрические проекции применяются только в тех случаях, когда требуется выполнить наглядное изображение сложного предмета.

Наиболее распространены в машиностроительных чертежах **прямоугольные (ортогональные) проекции.** Здесь центр проекций также удален от плоскости проекций бесконечно далеко, проецирующие лучи параллельны и составляют с плоскостью проекций прямой угол (отсюда и название — прямоугольные проекции).

Все производственные чертежи выполняют в прямоугольных проекциях. Предмет располагают перед плоскостью проекций так, чтобы большинство его линий и плоских поверхностей (например, ребра и грани коробки) были параллельны этой плоскости (рис. 101, *в*). Тогда эти линии и поверхности будут изображаться на плоскости проекций в натуральную величину.

Изображение на рис. 101, *в* не дает представления о толщине коробки, поэтому прямоугольные проекции выполняют не на одной плоскости проекций, а на двух или трех взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 101, *г*). По такому чертежу можно представить себе форму предмета и найти размеры всех его элементов.

В некоторых случаях применяют проекции с числовыми отметками, которые представляют собой прямоугольную (ортогональную) проекцию объекта на горизонтальную плоскость проекций, называемую плоскостью уровня. Высота каждой точки изображаемого объекта от плоскости уровня указывается числовой отметкой в определенном масштабе. Таким образом, точка здесь изображается одной проекцией и числом.

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ

§ 1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ НА ДВЕ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

Деталь любой формы можно мысленно разделить на части, ограниченные различными геометрическими поверхностями.

Очень многие предметы полностью или частично ограничены простейшими геометрическими поверхностями, а именно — плоскостями.

Образование плоскости можно представить как результат перемещения в пространстве прямой линии параллельно какой-либо плоскости (рис. 102, *а*), а образование отрезка прямой линии — как результат движения точки (рис. 102, *б*).

Точка — основной геометрический элемент линии и поверхности, поэтому изучение прямоугольного проецирования предмета начинается с построения прямоугольных проекций точки.

В пространство двугранного угла, образованного двумя перпендикулярными плоскостями — фронтальной (вертикальной) V и горизонтальной H, поместим точку A (рис. 103, *а*).

Плоскость V здесь изображена в виде прямоугольника, а плоскость H — в виде параллелограмма. Наклонную сторону этого параллелограмма проводят под углом 45° к его горизонтальной стороне. Длина наклонной стороны берется равной 0,5 ее натуральной величины.

Из точки A опускают перпендикуляры на плоскость V и H. Точки a' и a пересечения перпендикуляров с плоскостями проекций V и H являются **прямоугольными проекциями** точки A. Фигура Aaa_xa' в пространстве — прямоугольник. Сторона aa_x этого прямоугольника на наглядном изображении уменьшается в 2 раза.

Совместим плоскость H с плоскостью V, вращая H вокруг линии пересечения плоскостей x. В результате получается **комплексный чертеж** (эпюр) точки A, на котором размер aa_x будет изображен в натуральную величину (рис. 103, *б*).

Для упрощения комплексного чертежа границы плоскостей проекций V и H не указывают (рис. 103, *в*).

Линия пересечения плоскостей проекций называется **осью проекций** и обозначается буквой x.

Перпендикуляры, проведенные из точки A к плоскостям проекций, называются **проецирующими линиями**, а основания этих проецирующих линий — точки a и a' — называются **проекциями** точки A: a' — **фронтальная проекция** точки A, a — **горизонтальная проекция** точки A.

Линии $a'a_x$ и aa_x называются **линиями связи** проекций точки A.

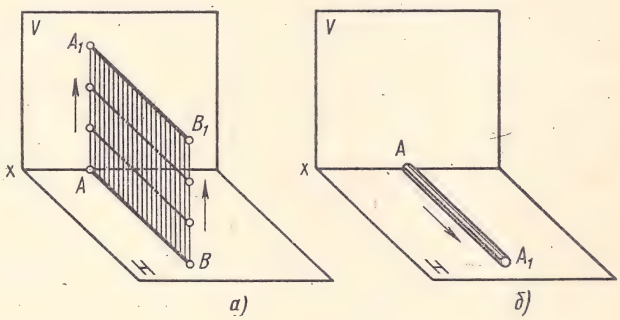


Рис. 102

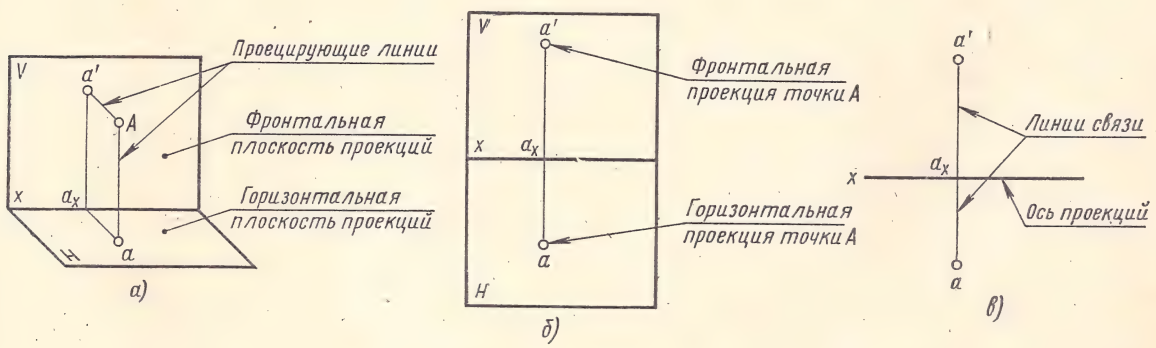


Рис. 103

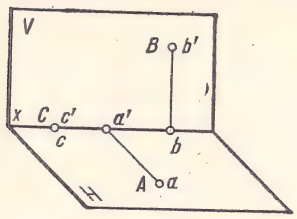


Рис. 104

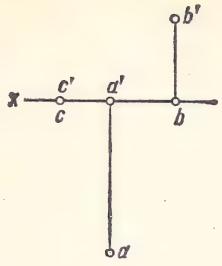


Рис. 105

§ 2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ТОЧЕК НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ

Расположение проекций точки на комплексном чертеже зависит от положения этой точки в пространстве.

Если точка A лежит на горизонтальной плоскости проекций H (рис. 104), то ее горизонтальная проекция a совпадает с заданной точкой, а фронтальная проекция a' располагается на оси x. При расположении точки B на фронтальной плоскости проекций V ее фронтальная проекция совпадает с этой точкой, а горизонтальная проекция лежит на оси x. Горизонтальная и фронтальная проекции заданной точки C, лежащей на оси x, совпадают с этой точкой. Комплексный чертеж точек A, B и C показан на рис. 105.

§ 3. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ НА ТРИ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

В тех случаях, когда по двум проекциям нельзя представить себе форму предмета, его проецируют на три плоскости проекций. В этом случае вводится **профильная плоскость** W, перпендикулярная плоскостям V и H. Наглядное изображение системы из трех плоскостей проекций дано на рис. 106. Опустим из точки A перпендикуляр на плоскость проекций W и, отметив основание перпендикуляра буквой a'', получим профильную проекцию точки A.

Для получения комплексного чертежа точки A плоскости H и W совмещают с плоскостью V, вращая их вокруг осей ox и oz. Комплексный чертеж точки A показан на рис. 106, *б* и *в*.

Оси проекций на чертеже обозначают буквами ox, oy и oz, а точку пересечения осей (начало координат) — буквой o.

§ 4. КООРДИНАТЫ ТОЧКИ

Отрезки проецирующих линий от точки A до плоскостей проекций называются координатами точки и обозначаются: x_A, y_A и z_A.

Например, координата z_A точки A, равная отрезку $a'a_x$ (рис. 106, *а* и *б*), есть расстояние от точки A до горизонтальной плоскости проекций H. Координата y_A точки A, равная отрезку aa_x, есть расстояние от точки A до фронтальной плоскости проекций V. Координата x_A, равная

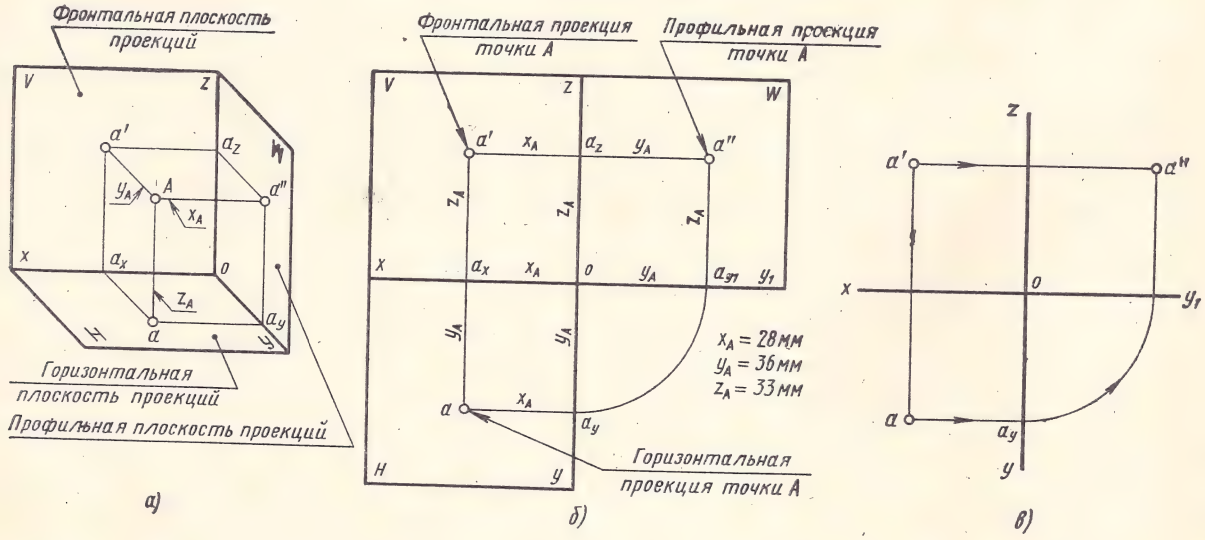


Рис. 106

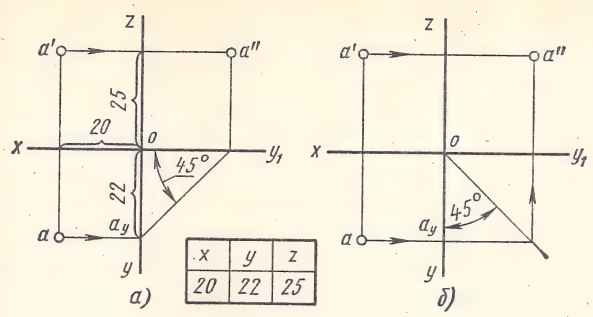


Рис. 107

отрезку aa_y, — расстояние от точки A до профильной плоскости проекций W.

Таким образом, длина линии связи между проекцией точки и осью проекций является ключом к чтению комплексного чертежа. По двум проекциям точки, находящимся в проекционной связи, можно определить все три координаты точки.

Если заданы координаты точки A (например, $x_A = 28$ мм, $y_A = 36$ мм и $z_A = 33$ мм), то можно построить три проекции этой точки.

Для этого от начала координат o по направлению оси oz откладывают вверх координату z_A и вниз координату y_A. Из концов отложенных отрезков — точек a_z и a_y (рис. 106, *б*) проводят прямые, параллельные оси ox, и на них откладывают отрезки, равные координате x_A. Полученные точки a' и a — фронтальная и горизонтальная проекции точки A.

По двум проекциям a' и a точки A построить профильную проекцию можно тремя способами:

1) из начала координат o проводят вспомогательную дугу радиусом oa_y, равным координате y_A (рис. 106, *б* и *в*);

2) из точки a_y проводят вспомогательную прямую под углом 45° к оси ox (рис. 107, *а*);

3) из начала координат o проводят вспомогательную прямую под углом 45° к оси oy (рис. 107, *б*).

ГЛАВА 3

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ЛИНИИ

§ 1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ ЛИНИИ НА ДВЕ И ТРИ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ

Отрезок прямой линии AB определяется двумя точками, которые находятся на концах отрезка. Прямоугольную проекцию отрезка AB можно построить двумя способами.

1-й способ (рис. 108, *а*). Опустив перпендикуляры из точек A и B на плоскость H, получим проекции a и b этих точек. Соединив точки a и b прямой линией, получим искомую горизонтальную проекцию отрезка AB.

2-й способ. Если взять на отрезке прямой линии AB точки A, C, D, E, B (рис. 108, *б*) и из каждой точки опустить перпендикуляры на плоскость H, то совокупность этих перпендикуляров можно рассматривать как плоскость Q, перпендикулярную к плоскости H. Плоскость Q пересечет плоскость H по прямой линии, на которой располагаются точки пересечения всех перпендикуляров с плоскостью H. Так как эти точки являются проекциями точек отрезка AB, то, следовательно, и отрезок ab будет проекцией отрезка AB. Таким образом, проекцию отрезка AB на плоскости H можно получить, если через отрезок AB провести плоскость Q, перпендикулярную к плоскости H до их взаимного пересечения. Линия пересечения плоскостей и будет горизонтальной проекцией отрезка AB.

На рис. 108, *в* показано построение фронтальной проекции отрезка AB. Плоскость Q перпендикулярна плоскости V.

§ 2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ОТРЕЗКОВ ПРЯМЫХ НА КОМПЛЕКСНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Рассмотрим различные случаи расположения отрезков прямой линии по отношению к плоскостям проекций H, V и W.

1. Прямая, перпендикулярная к плоскости V, называется **фронтально-проецирующей прямой** (рис. 109, *а*). Из комплексного чертежа отрезка AB (рис. 109, *б*) видно, что горизонтальная проекция ab перпендикулярна к оси x и по длине равна отрезку AB, а фронтальная проекция $a'b'$ является точкой.

Если, например, резец расположить так, чтобы его длинные ребра были параллельны плоскостям V и H, то ребро AB будет фронтально-проецирующей прямой (рис. 109, *в*).

2. Прямая, перпендикулярная к плоскости H (рис. 110, *а*), называется **горизонтально-проецирующей прямой.** Из комплексного чертежа отрезка BC (рис. 110, *б*) видно, что фронтальная проекция $b'c'$ перпендикулярна к оси x и по длине равна отрезку BC, а горизонтальная проекция bc является точкой.

Ребро BC резца на рис. 110, *в* является горизонтально-проецирующей прямой.

3. Прямая, перпендикулярная к плоскости W, называется **профильно-проецирующей прямой** (рис. 111, *а*). На комплексном чертеже обе проекции отрезка AB — фронтальная и горизонтальная — параллельны оси ox и по длине равны отрезку AB (рис. 111, *б*). Профильная проекция $a''b''$ отрезка AB — точка.

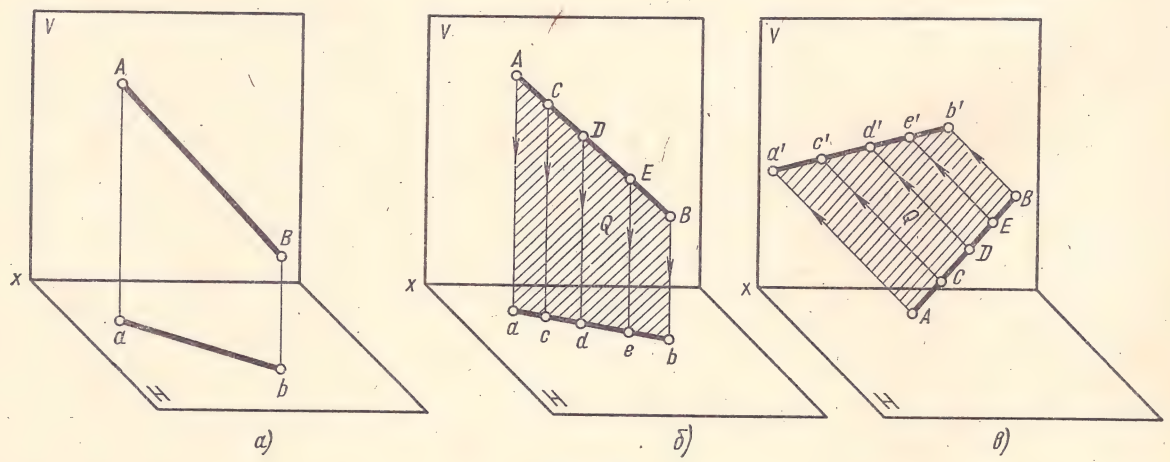


Рис. 108

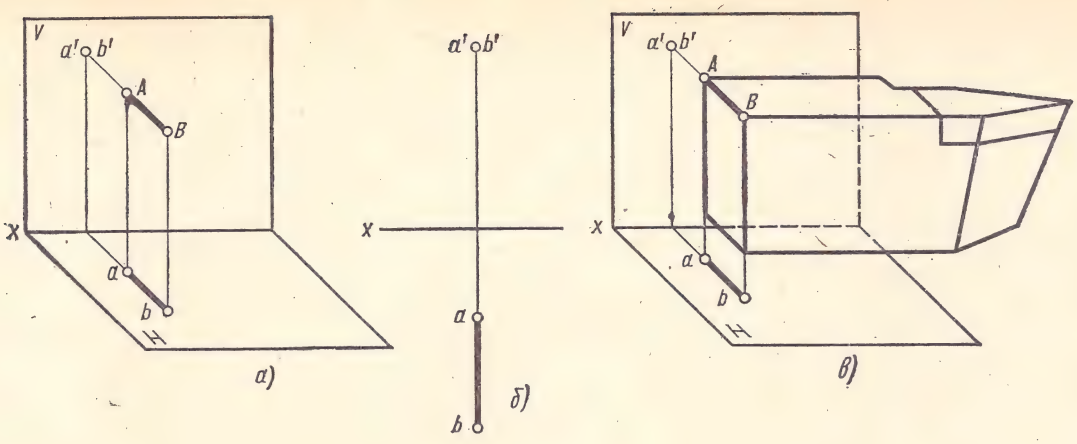


Рис. 109

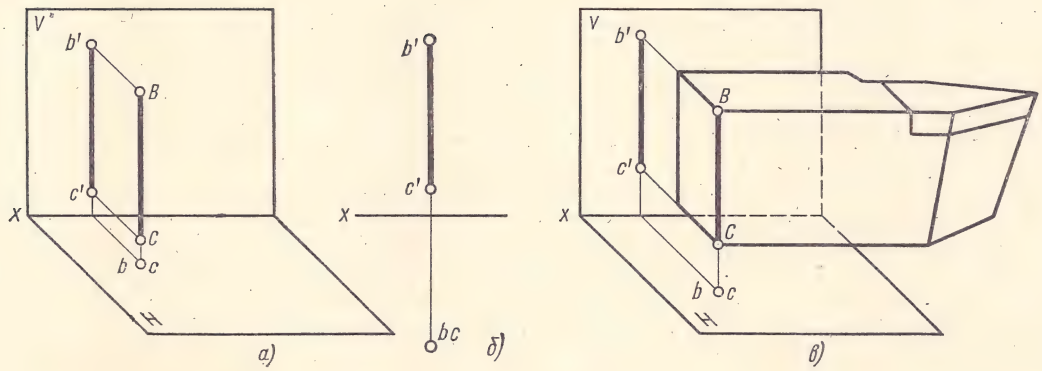


Рис. 110

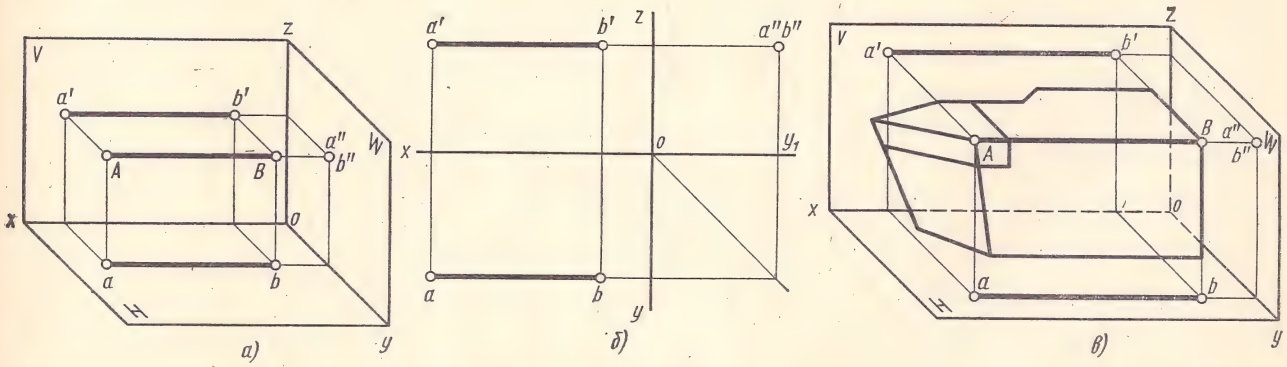


Рис. 111

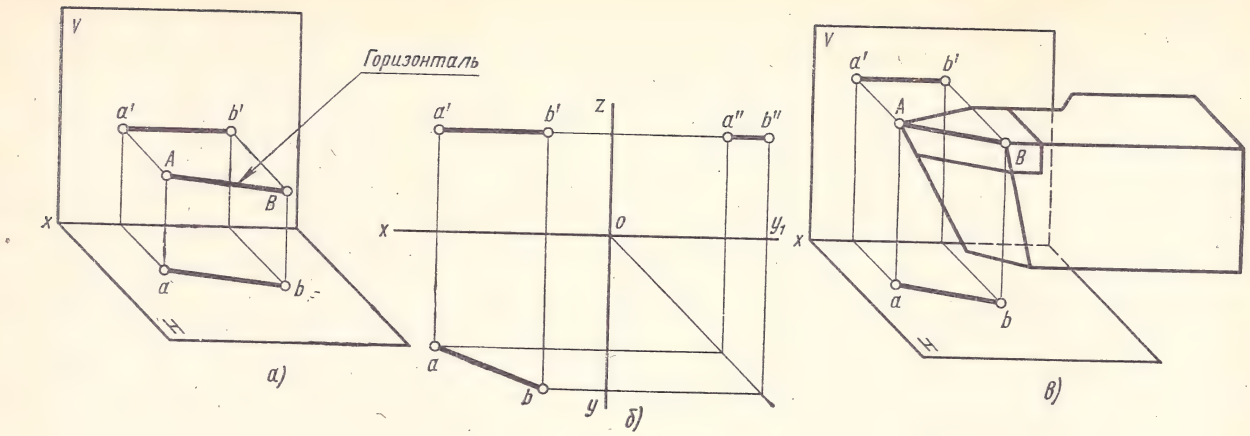


Рис. 112

Длинное ребро AB резца (рис. 111, *в*) — профильно-проецирующая прямая.

4. Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется **горизонтальной прямой** или, сокращенно, **горизонталью** (рис. 112, *а*). На комплексном чертеже горизонтали AB (рис. 112, *б*) видно, что фронтальная $a'b'$ и профильная $a''b''$ проекции параллельны соответственно осям проекций ox и oy_1. Горизонтальная проекция ab горизонтали AB расположена под углом к оси ox и равна длине отрезка AB.

Ребро AB (режущая кромка) головки резца (рис. 112, *в*) параллельно плоскости H и, таким образом, представляет собой горизонталь.

5. Прямая, параллельная плоскости V, называется **фронталью** (рис. 113, *а*).

Горизонтальная проекция ab фронтали AB параллельна оси ox (рис. 113, *б*). Фронтальная проекция $a'b'$ фронтали наклонена к оси ox и равна действительной длине отрезка AB. Профильная проекция фронтали AB параллельна оси oz.

Ребро AB резца (рис. 113, *в*) параллельно плоскости V и, следовательно, представляет собой фронталь.

6. Прямая, не параллельная ни одной из трех плоскостей проекций, называется **прямой общего положения.**

Возьмем отрезок AB прямой общего положения (рис. 114, *а*) и построим горизонтальную ab и фронтальную $a'b'$ проекции этого отрезка. Комплексный чертеж отрезка прямой общего положения показан на рис. 114, *б*.

По двум проекциям $a'b'$ и ab отрезка прямой общего положения можно, применяя известное уже правило (см. рис. 107, *б*), построить третью проекцию $a''b''$ (рис. 114, *б*).

У отрезного резца (рис. 114, *в*) ребро AB представляет собой прямую общего положения.

Рассмотренные прямые часто применяются в построениях, поэтому, изучая их комплексные чертежи, надо запомнить, как та или иная проекция прямой располагается по отношению к осям проекций.

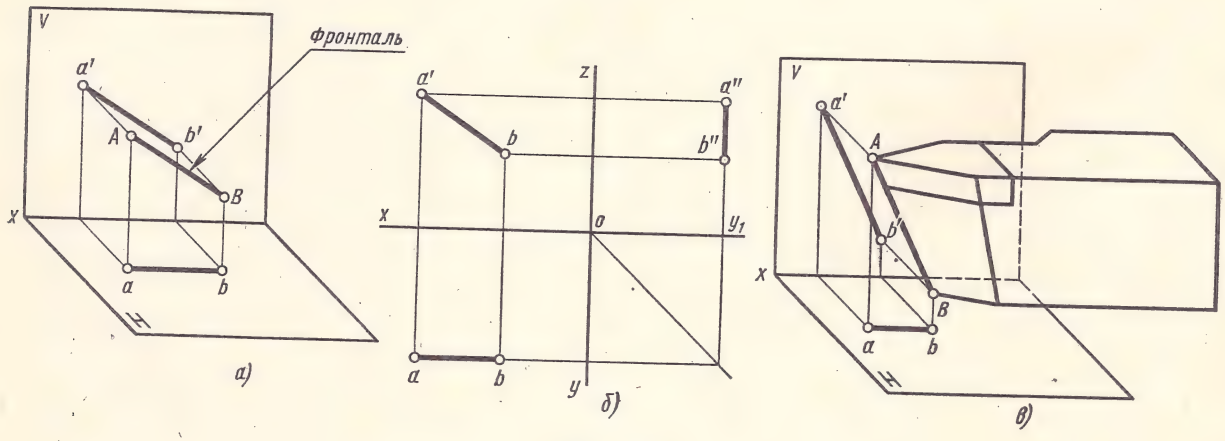


Рис. 113

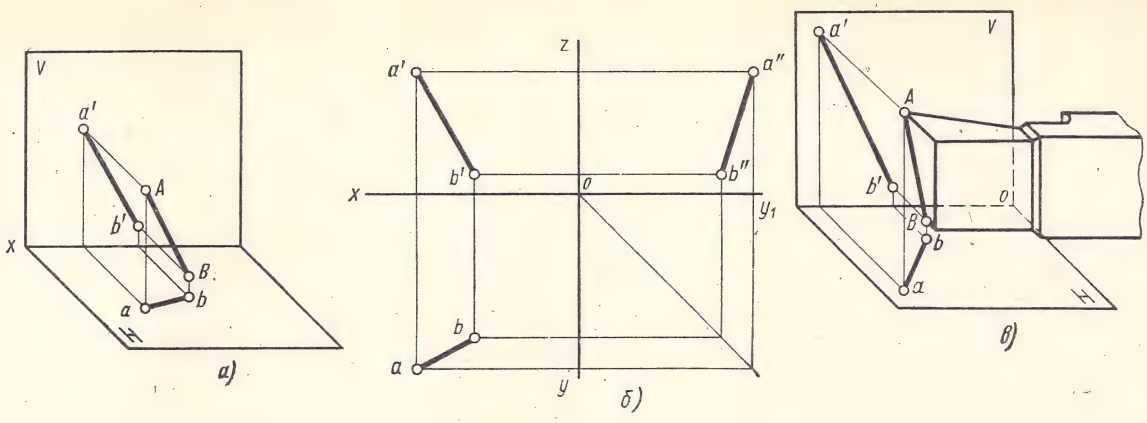


Рис. 114

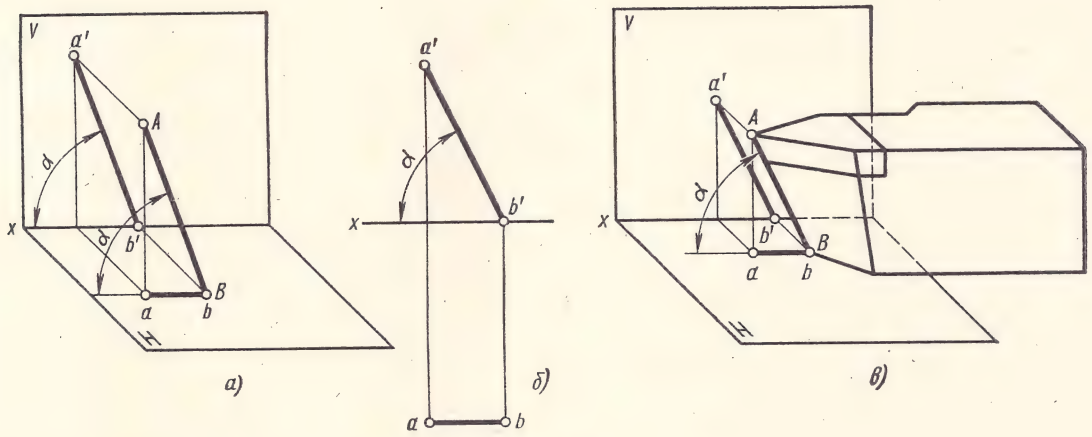


Рис. 115

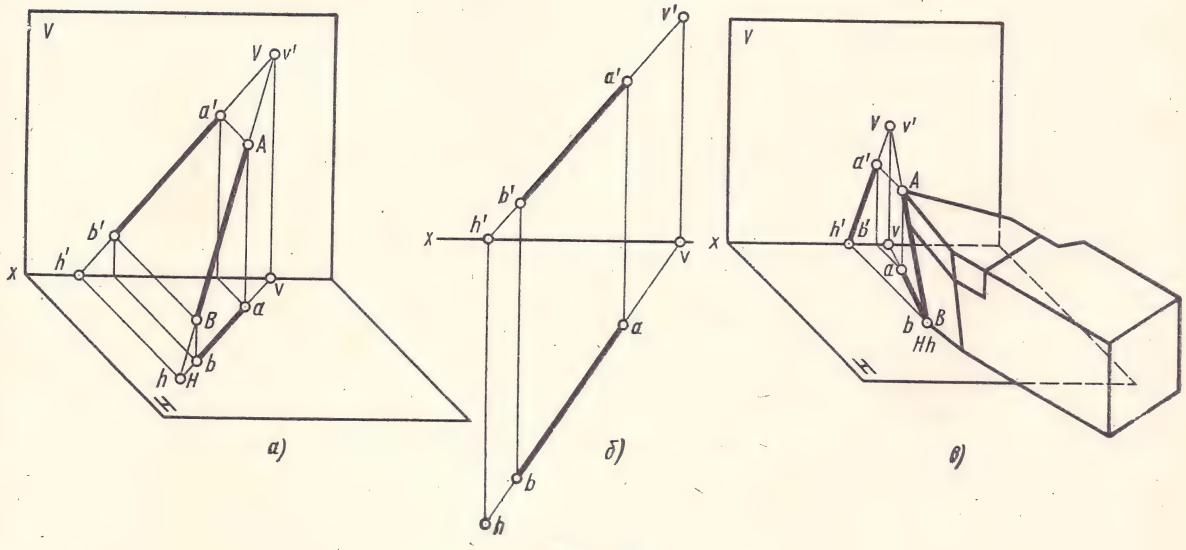


Рис. 116

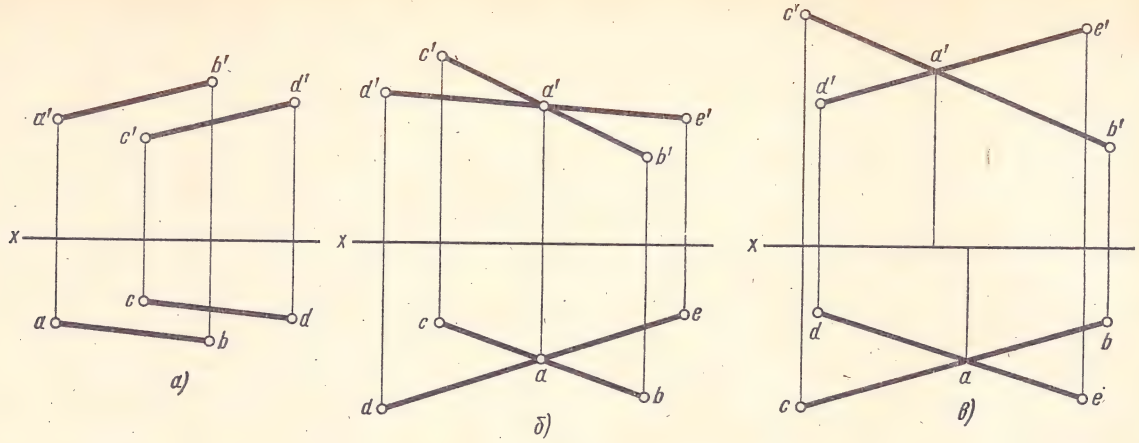


Рис. 117

§ 3. УГЛЫ МЕЖДУ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТЯМИ ПРОЕКЦИЙ

Горизонталь, фронталь и прямая общего положения расположены под углом к плоскостям проекций. Например, отрезок фронтали AB (рис. 115, *а*) составляет угол α с горизонтальной плоскостью проекций H.

Разберем способ определения угла между прямой и плоскостью проекций на комплексном чертеже. Если прямая — фронталь, то, как видно из рис. 115, *б*, угол между фронталью и горизонтальной плоскостью проекций H на комплексном чертеже равен углу между фронтальной проекцией фронтали $a'b'$ (рис. 115, *б*) и осью проекций x.

Ребро AB резьбового резца (рис. 115, *в*) параллельно фронтальной плоскости проекций, т. е. ребро AB — фронталь. Так как основание резца расположено на горизонтальной плоскости проекций H, то угол α является углом между прямой AB и плоскостью H. Таким образом, по чертежу резца можно определить угол α между ребром AB и основанием резца. Следовательно, если прямая имеет какую-либо проекцию, равную действительной ее длине, то на комплексном чертеже угол между проекцией этой прямой и плоскостью проекций будет действительным углом.

§ 4. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ ЛИНИИ

Следом прямой линии называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

Чтобы найти фронтальный след прямой AB (рис. 116, *а*), необходимо продолжить ее горизонтальную проекцию ab до пересечения с осью x в точке v, а затем из точки v восставить перпендикуляр к оси x и найти точку v' пересечения этого перпендикуляра с продолжением фронтальной проекции отрезка. Точка v' — искомый **фронтальный след** прямой AB или, точнее, **фронтальная проекция фронтального следа;** точка v — **горизонтальная проекция фронтального следа;** точка h — **горизонтальная проекция горизонтального следа;** точка h' — **фронтальная проекция горизонтального** следа.

На комплексном чертеже отрезка AB эти построения выполняются аналогично (рис. 116, *б*).

Из чертежа видно, что одна из двух проекций каждого следа прямой расположена на оси x.

На рис. 116, *в*, где дано наглядное изображение резца, расположенного на плоскости H, видно, что ребро AB будет отрезком прямой линии общего положения. Точка H, лежащая на горизонтальной плоскости проекций, является горизонтальным следом этой прямой.

§ 5. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ

Из курса начертательной геометрии известно, что:

а) если прямые параллельны, то их проекции тоже параллельны (рис. 117, *а*);

б) если прямые пересекаются в точке A, то их проекции также пересекаются (рис. 117, *б*); при этом проекции точки пересечения A обязательно располагаются на одном перпендикуляре к оси (на одной линии связи);

в) если точки пересечения проекций прямых не расположены на одном перпендикуляре к оси x (рис. 117, *в*), то прямые скрещиваются.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные плоскости проекций.
2. Что такое комплексный чертеж и каковы правила его построения?
3. Назовите возможные относительные положения двух прямых линий.
4. Дайте определение горизонально-, фронтально- и профильно-проецирующей прямой.
5. Что называется следом прямой?
6. Что такое фронталь и горизонталь?

ГЛАВА 4

ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР

§ 1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ. СЛЕДЫ ПЛОСКОСТИ

Плоскостью называется поверхность, образуемая движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой (см. рис. 102, *а*).

Проекции плоскости на комплексном чертеже будут различны в зависимости от того, чем она задана. Как известно из геометрии, плоскость может быть задана: а) тремя точками, не лежащими на одной прямой; б) прямой линией и точкой, лежащей вне этой прямой; в) двумя пересекающимися прямыми; г) двумя параллельными прямыми.

На комплексном чертеже (рис. 118) проекции плоскости также изображаются проекциями этих элементов, например, на рис. 118, *а* — проекциями трех точек A, B и C, не лежащих на одной прямой; на рис. 118, *б* — проекциями прямой BC и точки A, не лежащей на этой прямой; на рис. 118, *в* — проекциями двух пересекающихся прямых; на рис. 118, *г* — проекциями треугольника (или иной фигуры), полученного соединением трех точек A, B и C прямыми линиями.

На рис. 119 плоскость задана проекциями линий, по которым эта плоскость пересекает плоскости проекций. Такие линии называются **следами плоскости.**

Линия пересечения данной плоскости P с горизонтальной плоскостью проекций H называется **горизонтальным следом плоскости** P (рис. 119) и обозначается P_H.

Линия пересечения плоскости P с фронтальной плоскостью проекций называется **фронтальным следом** этой плоскости и обозначается P_V.

Линия пересечения плоскости P с профильной плоскостью проекций W называется **профильным следом** этой плоскости и обозначается P_W.

Следы плоскости пересекаются попарно на осях проекций. Точки пересечения следов плоскости с осями проекций называются **точками схода следов.** Эти точки обозначаются P_x, P_y и P_z.

Следы плоскости P на комплексном чертеже располагаются по отношению к осям проекций различно, и это определяет положение самой плоскости по отношению к плоскостям проекций. Например, если плоскость P имеет фронтальный и профильный следы P_V и P_W, параллельные осям ox и oy, то такая плоскость параллельна плоскости H и называется **горизонтальной** (рис. 120, *а*). Плоскость P со следами P_H и P_W, параллельными осям проекций ox и oz (рис. 120, *б*), называется **фронтальной**, а плоскость P со следами P_V и P_H, параллельными осям проекций oy и oz, — **профильной** (рис. 120, *в*).

Горизонтальная, фронтальная и профильная плоскости называются **плоскостями уровня.** Если

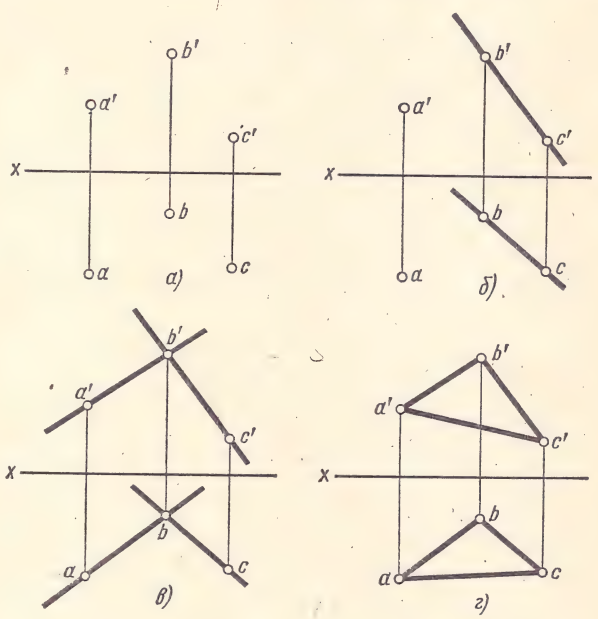


Рис. 118

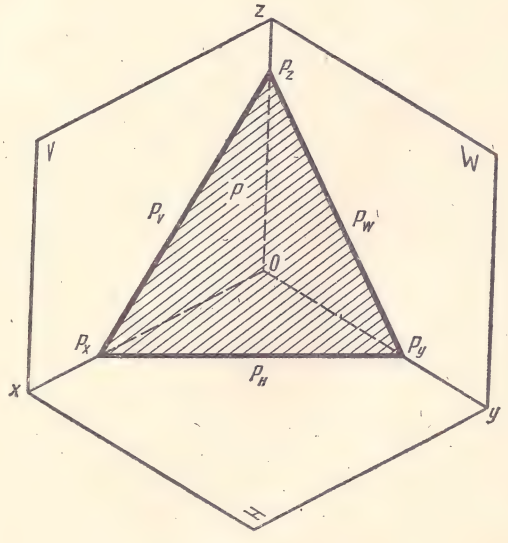


Рис. 119

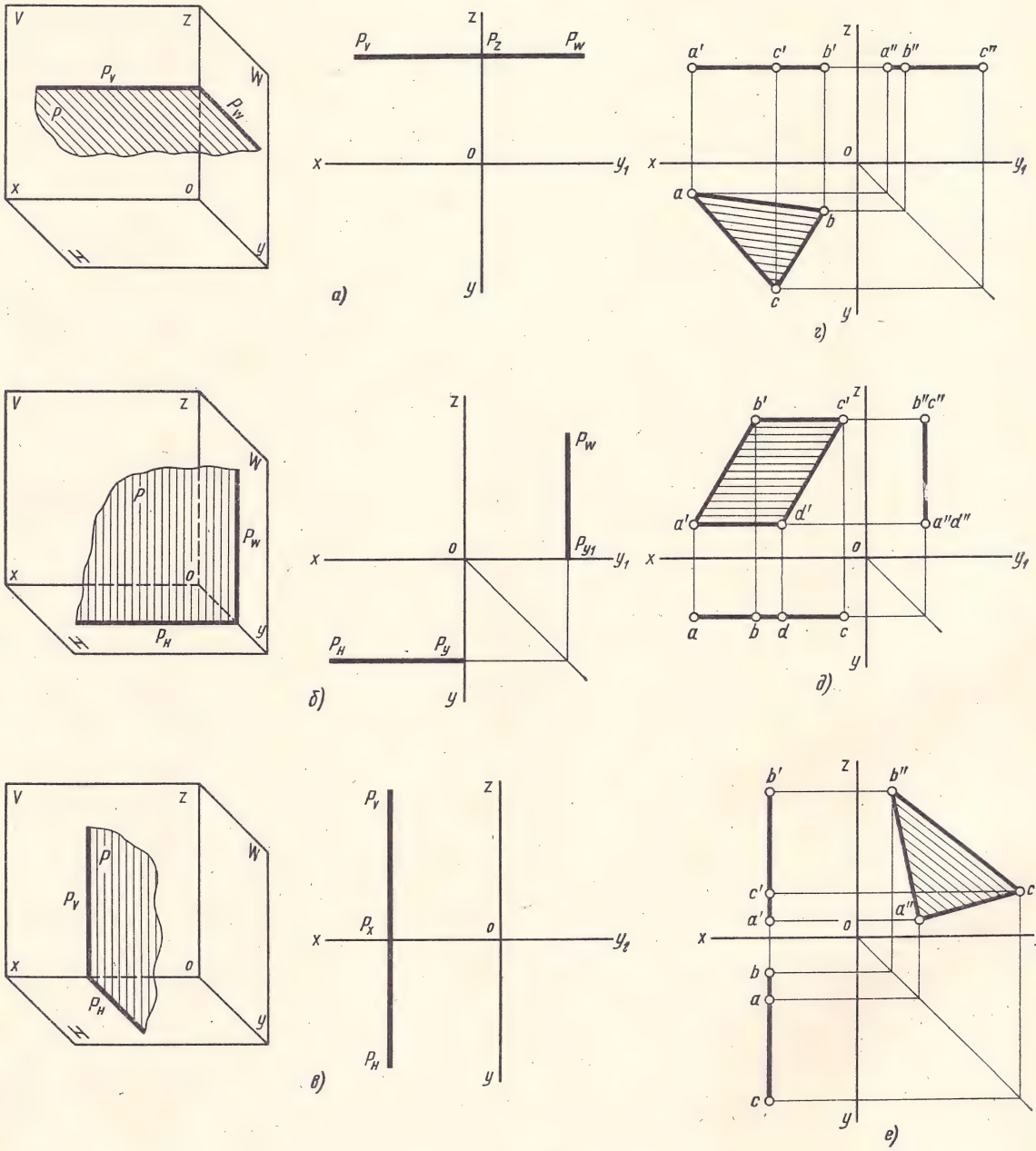


Рис. 120

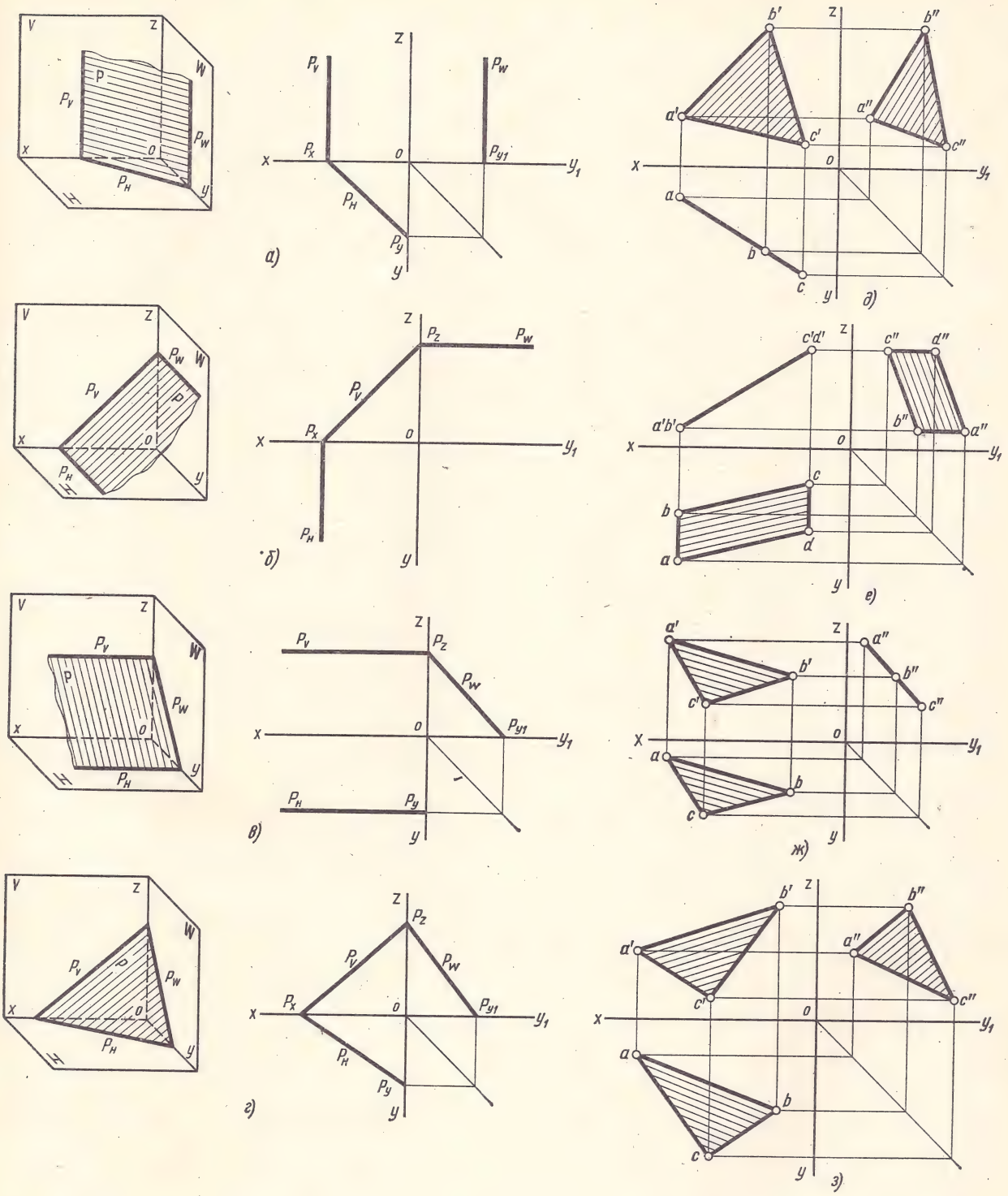

V
Z
W
P
P_V
P_W
X
O
P_H
H
Y
P_V
Z
P_W
X
P_X
O
P_{Y1}
Y_1
P_H
P_Y
Y
а)
P_Z
б)
в)
г)
b'
b''
a'
a''
c'
c''
a
b
c
д)
c'd'
d''
a'b'
d
е)
ж)
з)

Рис. 121

на комплексном чертеже плоскость уровня задана не следами, а какой-нибудь фигурой, например треугольником ABC, то одна из проекций этой фигуры представляет собой действительный вид, а вторая и третья проекции — отрезки прямых (рис. 120, *г*, *д*, *е*).

§ 2. ПРОЕЦИРУЮЩИЕ ПЛОСКОСТИ И ПЛОСКОСТЬ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Плоскость, перпендикулярная к плоскости H и расположенная под углом к плоскости V (рис. 121, *а*), называется **горизонтально-проецирующей.** Фронтальный след P_V этой плоскости перпендикулярен к оси ox, а горизонтальный след P_H расположен под углом к оси ox (см. комплексный чертеж).

Если горизонтально-проецирующая плоскость задана не следами, а какой-либо фигурой, например треугольником ABC (рис. 121, *д*), то горизонтальная проекция этой плоскости представляет собой прямую линию, а фронтальная и профильная проекции — искаженный вид треугольника ABC.

Фронтально-проецирующей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная к фронтальной плоскости проекций (рис. 121, *б*) и расположенная под углом к плоскости H.

Горизонтальный след этой плоскости перпендикулярен к оси ox, а фронтальный след расположен под углом к оси ox (см. комплексный чертеж).

При задании фронтально-проецирующей плоскости не следами, а, например, параллелограммом $ABCD$, фронтальная проекция такой плоскости представляет собой прямую линию (рис. 121, *е*).

Профильно-проецирующей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная к плоскости W (рис. 121, *в*). Следы P_V и P_H этой плоскости параллельны оси ox.

При задании профильно-проецирующей плоскости не следами, а, например, треугольником ABC (рис. 121, *ж*) профильная проекция такой плоскости представляет собой прямую линию.

Если плоскость P расположена под углом к трем плоскостям проекций V, H и W (рис. 121, *г*), то такая плоскость называется **плоскостью общего положения.** Все три следа P_V, P_H и P_W плоскости P наклонены к осям проекций ox, oy и oz.

Если плоскость общего положения задана не следами, а, например, треугольником ABC (рис. 121, *з*), то этот треугольник проецируется на плоскости H, V и W в искаженном виде.

§ 3. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ПЛОСКОСТИ

Если прямая расположена на плоскости, то, как известно из геометрии, она должна проходить через две какие-либо точки, принадлежащие этой плоскости. Такие две точки могут быть взяты на следах плоскости — одна на горизонтальном, а другая на фронтальном. Так как следы прямой и плоскости находятся на плоскостях проекций H и V, то следы прямой, принадлежащей плоскости, должны быть расположены на одноименных следах этой плоскости (рис. 122, *а*); например, горизонтальный след H прямой — на горизонтальном следе P_H плоскости, вертикальный след V прямой — на вертикальном следе P_V плоскости (рис. 122, *б*).

Для того чтобы на комплексном чертеже плоскости P, заданной следами, провести какую-либо прямую общего положения, необходимо наметить на следах плоскости точки v' и h и считать их следами искомой прямой (точнее, v' — фронтальной проекцией фронтального следа прямой и h — горизонтальной проекцией горизонтального следа прямой).

Опустив перпендикуляры из v' и h на ось проекций x, находим вторые проекции следов прямой: v — горизонтальную проекцию фронтального следа прямой и h' — фронтальную проекцию горизонтального следа прямой. Соединив одноименные проекции следов, т. е. v' с h' и v с h прямыми, получим две проекции прямой линии, расположенной в плоскости общего положения P.

Очень часто требуется провести на плоскости горизонталь и фронталь, которые называются главными линиями плоскости или линиями уровня. Главные линии помогают решать многие задачи проекционного черчения.

Горизонталь и фронталь имеют в системе двух плоскостей V и H только по одному следу (на-

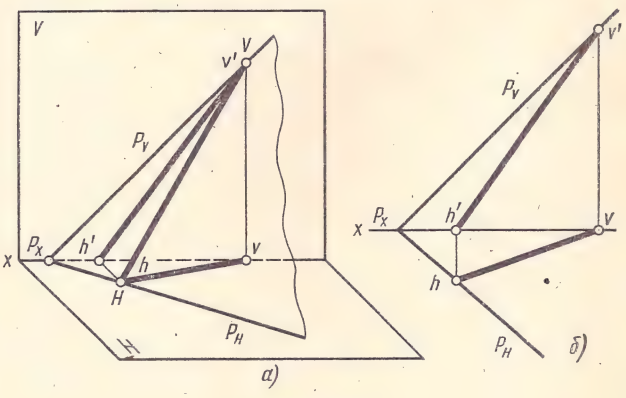


Рис. 122

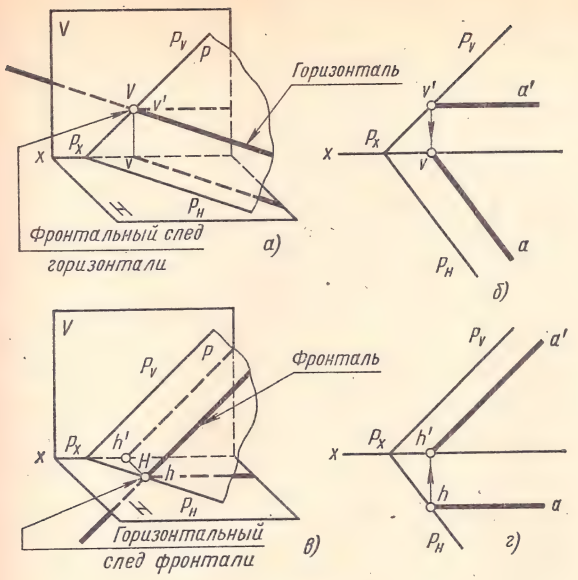


Рис. 123

пример, горизонталь имеет только фронтальный след). Поэтому, зная один след главной линии, проекцию главной линии проводят по заранее известному направлению. Это направление для горизонтали видно из рис. 123, *а*, где показана плоскость общего положения и горизонталь, лежащая на ней. Из рисунка видно, что горизонтальная проекция горизонтали параллельна горизонтальному следу плоскости.

Таким образом, чтобы на комплексном чертеже плоскости P провести в этой плоскости какую-либо горизонталь, нужно наметить на следе P_V плоскости точку v' (рис. 123, *б*) и считать ее фронтальной проекцией фронтального следа горизонтали. Затем через точку v' параллельно оси x проводят прямую, которая будет фронтальной проекцией горизонтали.

Опустив перпендикуляр из точки v' на ось x, получают точку v, которая будет горизонтальной проекцией фронтального следа горизонтали. Прямая va, проведенная из точки v параллельно следу P_H плоскости, представляет собой горизонтальную проекцию искомой горизонтали. Построение фронтали показано на рис. 123, *в* и *г*.

Нередко требуется провести горизонталь и фронталь на проецирующих плоскостях. Рассмотрим, например, построение горизонтали на фронтально-проецирующей плоскости (рис. 124). На следе P_V плоскости P намечаем фронтальную проекцию v' фронтального следа горизонтали и на оси x находим его горизонтальную проекцию v (рис. 124, *а*). Затем через точку v проводим параллельно P_H горизонтальную проекцию горизонтали; фронтальная проекция горизонтали совпадает с точкой v'.

Если плоскость задана не следами, а пересекающимися или параллельными прямыми, то построение проекций горизонтали или фронтали, расположенных в этой плоскости, выполняется следующим образом.

Пусть плоскость задана двумя параллельными прямыми AB и CD (рис. 124, *б*). Для построения горизонтали, лежащей в этой плоскости, проводим параллельно оси x фронтальную проекцию горизонтали и отмечаем точки e' и f' пересечения фронтальной проекции горизонтали с фронтальными проекциями параллельных прямых, которыми задана плоскость. Через точки e' и f' проводим вертикальные линии связи до пересечения с ab и cd в точках e и f. Точки e и f соединяем прямой линией, которая и будет горизонтальной проекцией горизонтали.

Если требуется найти следы плоскости, заданной пересекающимися или параллельными прямыми, надо найти следы этих прямых и через полученные точки провести искомые следы плоскости.

Рассмотрим комплексный чертеж четырехугольника $ABCD$ (рис. 125, *а*), плоскость которого задана попарно параллельными прямыми. Отрезок DC расположен в плоскости H, следова-

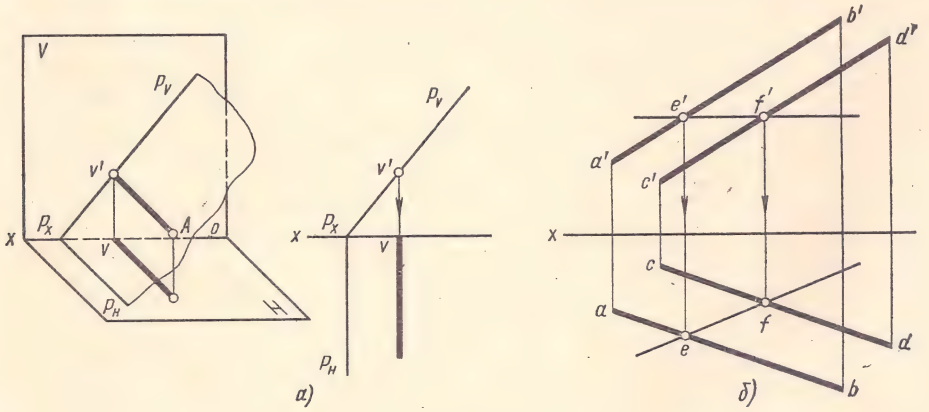


Рис. 124

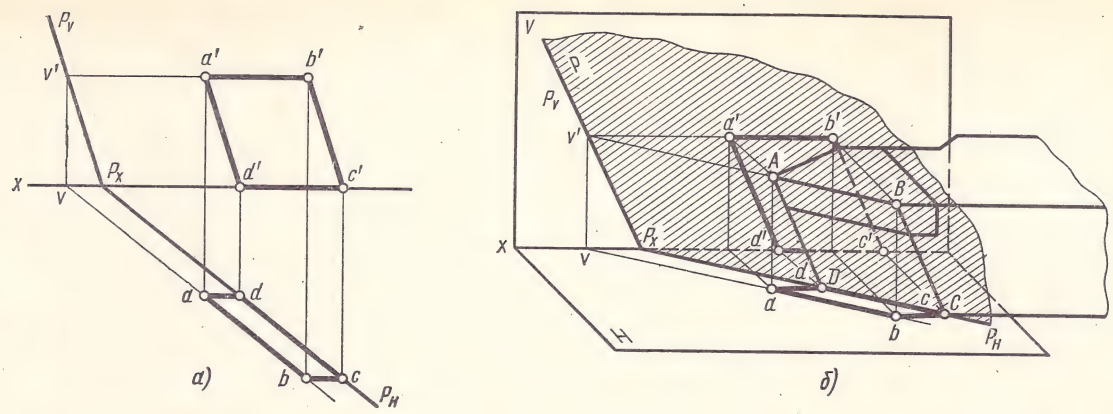


Рис. 125

тельно, его горизонтальная проекция dc является горизонтальным следом плоскости (точнее — горизонтальной проекцией горизонтального следа плоскости).

Чтобы найти фронтальный след этой плоскости, необходимо продолжить горизонтальную проекцию dc прямой DC до пересечения с осью x в точке P_x, через которую должен пройти искомый фронтальный след плоскости.

Второй точкой v', через которую пройдет искомый фронтальный след плоскости, является фронтальный след прямой AB (фронтальная проекция фронтального следа). Фронтальную проекцию фронтального следа прямой AB находим, продолжая данную горизонтальную проекцию ab прямой AB до пересечения с осью x в точке v, которая будет горизонтальной проекцией искомого фронтального следа прямой AB. Фронтальная проекция фронтального следа этой прямой находится на перпендикуляре, восстановленном из точки v к оси x, в точке v' его пересечения с продолжением фронтальной проекции $a'b'$ прямой AB. Соединив точки P_x с v', находим фронтальный след P_V плоскости.

Пример решения подобной задачи приведен на рис. 125, *б*.

Часто на комплексных чертежах приходится решать такую задачу: по одной из заданных проекций точки, расположенной на заданной плоскости, определить две другие проекции точки. Ход решения задачи следующий.

Через заданную проекцию точки, например через фронтальную проекцию n' точки N, расположенной на плоскости треугольника ABC (рис. 126), проводим одноименную проекцию вспомогательной прямой любого направления, например $m'k'$. Строим другую проекцию mk вспомогательной прямой. Для этого проводим вертикальные линии связи через точки m' и k' до пересечения с линиями ac и bc. Из точки n' проводим линию связи до пересечения с проекцией mk в искомой точке n.

Профильную проекцию n'' находим по общим правилам проецирования. В качестве вспомогательной прямой для упрощения построения чаще используется горизонталь или фронталь плоскости.

Например, чтобы найти какую-либо точку A на плоскости P (рис. 127, *а* и *б*), на следе P_V берем точку v', фронтальную проекцию фронтального следа вспомогательной прямой — горизонтали. Горизонтальная проекция v этого следа расположена на оси x. Проводим проекции горизонтали: фронтальную — через v' параллельно оси x, горизонтальную — через v параллельно следу P_H плоскости P. На фронтальной проекции горизонтали намечаем фронтальную проекцию a' искомой точки и, проводя вертикальную линию связи, определяем горизонтальную проекцию a точки A.

Если точка лежит на проецирующей плоскости, то построение ее проекций упрощается.

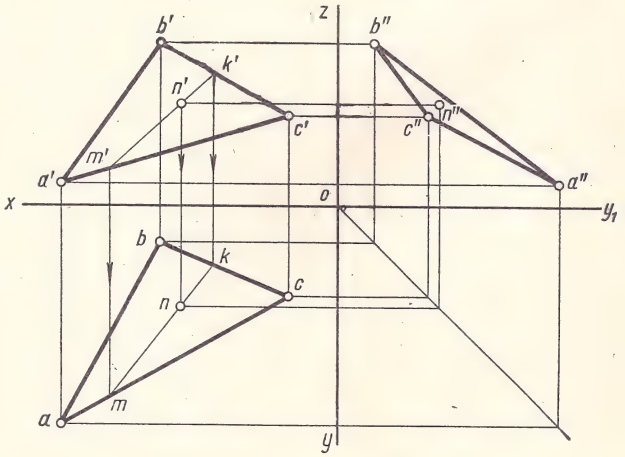


Рис. 126

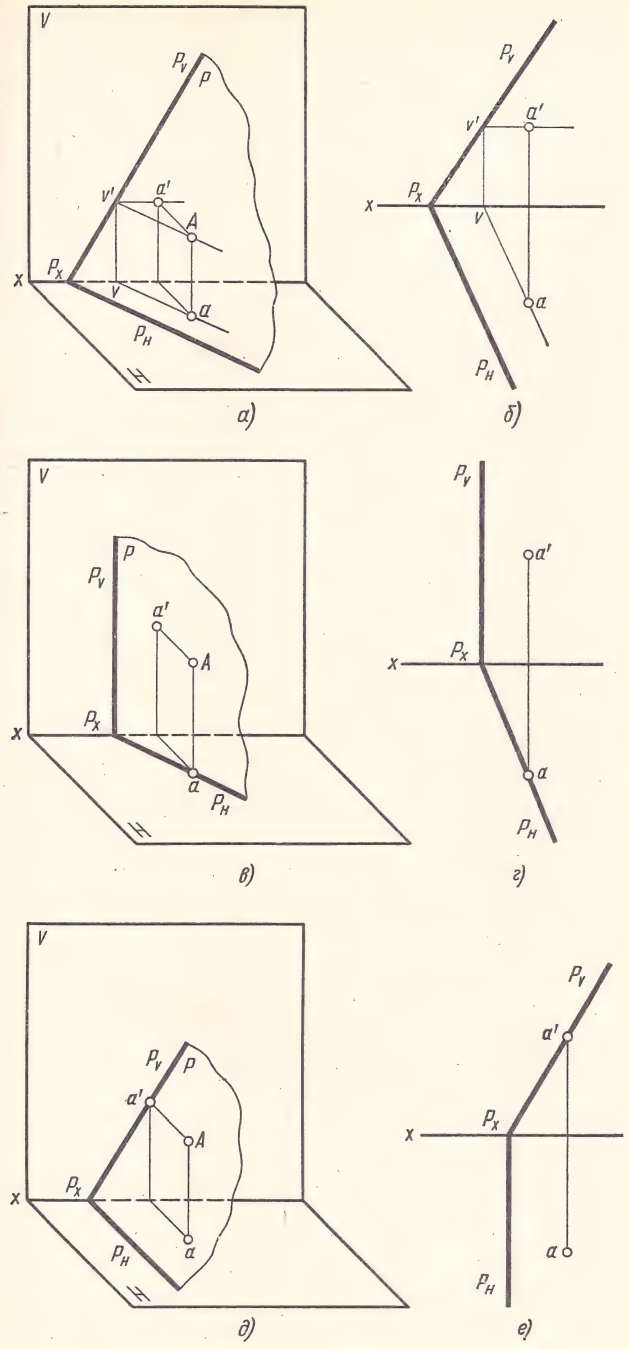


Рис. 127

В этом случае одна из проекций точки всегда расположена на следе плоскости (точнее, на его проекции). Например, горизонтальная проекция a точки A, расположенной на горизонтально-проецирующей плоскости P, находится на горизонтальной проекции горизонтального следа плоскости (рис. 127, *в* и *г*).

При заданной фронтальной проекции a' точки A, лежащей на горизонтально-проецирующей плоскости P, найти вторую проекцию этой точки (горизонтальную) можно без вспомогательной прямой, посредством проведения линии связи через a' до пересечения со следом P_H.

Если точка расположена на фронтально-проецирующей плоскости P (рис. 127, *д* и *е*), то ее фронтальная проекция a' находится на фронтальном следе P_V плоскости P.

§ 4. ПРОЕКЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Зная построение проекций прямых и точек, расположенных на плоскости, можно построить проекции любой плоской фигуры, например прямоугольника, треугольника, круга и др.

Как известно, каждая плоская фигура ограничена отрезками прямых или кривых линий, которые могут быть построены по точкам.

Проекции фигуры, ограниченной прямыми линиями (треугольника и многоугольника), строят по точкам-вершинам. Затем одноименные проекции вершин соединяют прямыми линиями и получают проекции фигур.

Проекции круга или другой криволинейной фигуры строят при помощи нескольких точек, которые берут равномерно по контуру фигуры. Одноименные проекции точек соединяют плавной кривой по лекалу.

Проекции плоской фигуры строят различными способами в зависимости от положения фигуры относительно плоскостей проекций H и V. Наиболее просто построить проекции фигуры, расположенной параллельно плоскости H или V; сложнее — при расположении фигуры на проецирующей плоскости или на плоскости общего положения.

Рассмотрим несколько примеров.

Если треугольник ABC расположен на плоскости, параллельной плоскости H (рис. 128, *а*), то горизонтальная проекция этого треугольника будет его действительным видом, а фронтальная проекция — отрезком прямой, параллельным оси x. Комплексный чертеж треугольника ABC показан на рис. 128, *б*. Такой треугольник можно видеть на изображении резьбового резца (рис. 128, *в*), передняя грань которого треугольная.

Трапеция $ABCD$ расположена на фронтально-проецирующей плоскости (рис. 129, *а*). Фронтальная проекция трапеции представляет собой отрезок прямой линии, а горизонтальная — трапецию (рис. 129, *б*).

Задняя грань отрезного резца (рис. 129, *в*) имеет форму трапеции. Построение комплексного чертежа трапеции $ABCD$ показано на рис. 129, *б*.

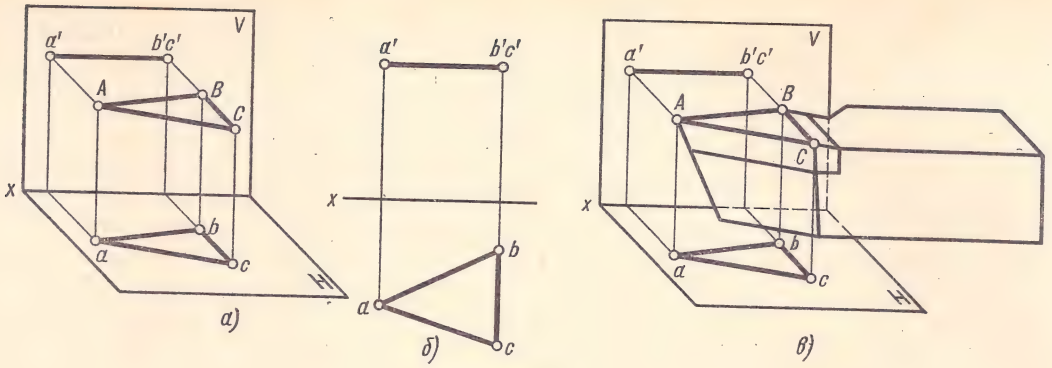


Рис. 128

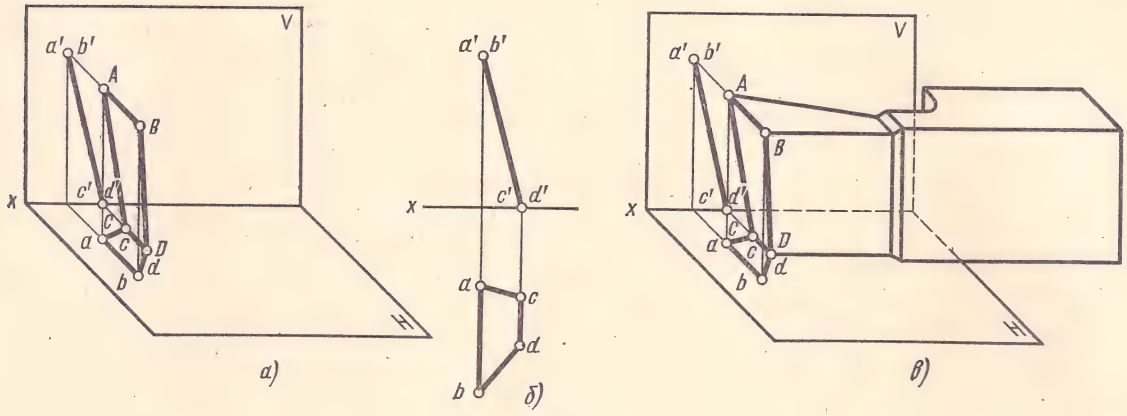


Рис. 129

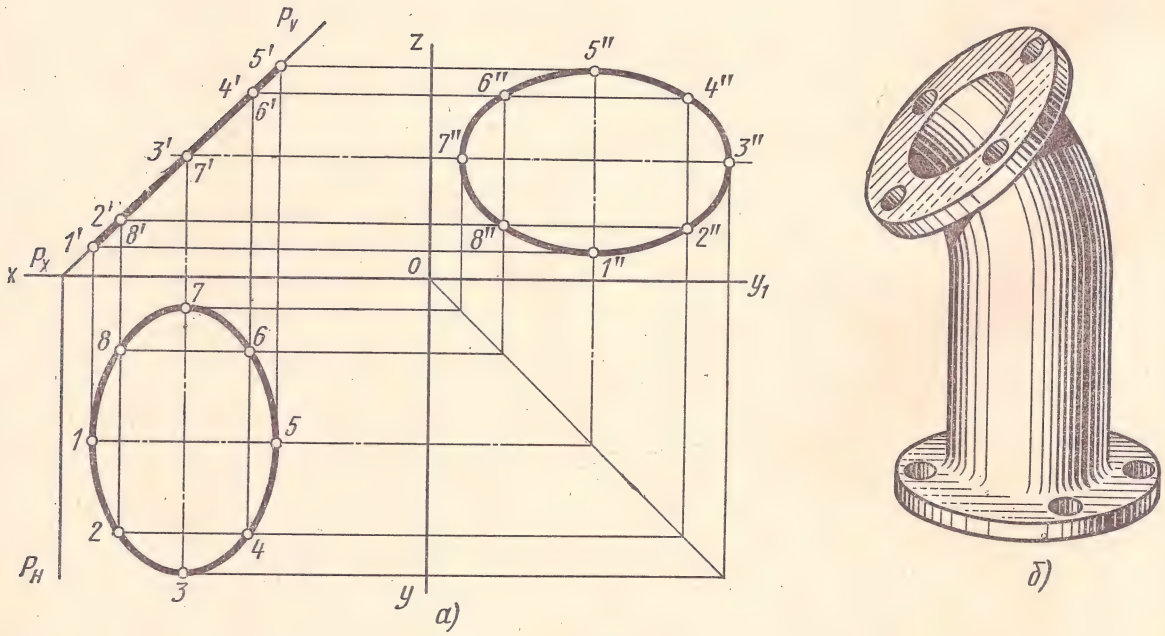


Рис. 130

Рассматривая плоскость, параллельную горизонтальной, фронтальной или профильной плоскости проекций (плоскость уровня), можно заметить, что любая фигура, лежащая в этой плоскости, имеет одну из проекций, представляющую собой действительный вид этой фигуры; вторая и третья проекции фигуры совпадают со следами этой плоскости.

Рассматривая проецирующую плоскость, заметим, что любая точка, отрезок прямой или кривой линии, а также фигуры, расположенные на проецирующей плоскости, имеют одну проекцию, расположенную на следе этой плоскости. Например, если круг лежит во фронтально-проецирующей плоскости P (рис. 130, *а*), то фронтальная проекция круга совпадает с фронтальным следом P_V плоскости P. Две другие проекции круга искажены и представляют собой эллипсы. Большие оси эллипсов равны проекциям диаметра круга *37*. Малые оси эллипсов равны проекциям диаметра круга *15*, перпендикулярного диаметру *37*.

На рис. 130, *б* показано колено трубы с двумя фланцами. Горизонтальная проекция контура нижнего фланца, который расположен в горизонтальной плоскости, будет действительным видом окружности. Горизонтальная проекция контура верхнего фланца изобразится в виде эллипса.

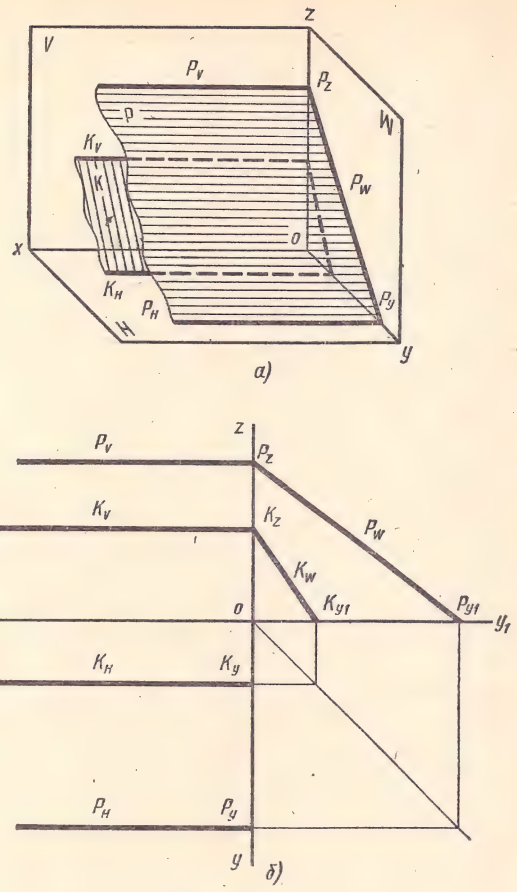


Рис. 131

§ 5. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Две плоскости могут быть взаимно параллельными или пересекающимися.

Из стереометрии известно, что если две параллельные плоскости пересекают какую-либо третью плоскость, то линии пересечения этих плоскостей параллельны между собой. Исходя из этого положения, можно сделать вывод, что одноименные следы двух параллельных плоскостей P и Q также параллельны между собой.

Если даны две профильно-проецирующие плоскости P и K (рис. 131, *а*), то параллельность их фронтальных и горизонтальных следов на комплексном чертеже в системе V и H недостаточна для того, чтобы определить, параллельны эти плоскости или нет. Для этого необходимо построить их профильные следы в системе V, H и W (рис. 131, *б*). Плоскости P и K будут параллельны только в том случае, если параллельны их профильные следы P_W и K_W.

Одноименные следы пересекающихся плоскостей P и Q (рис. 132, *а*) пересекаются в точках V и H, которые принадлежат обеим плоскостям, т. е линии их пересечения. Так как эти точки расположены на плоскостях проекций, то, следовательно, они являются также следами линии пересечения плоскостей. Чтобы на комплексном чертеже построить проекции линии пересечения двух плоскостей P и Q, заданных следами P_V, P_H и Q_V, Q_H, необходимо отметить точки пересечения одноименных следов плоскостей, т. е. точки v' и h (рис. 132, *б*); точка v' — фронтальная проекция фронтального следа искомой линии пересечения плоскостей P и Q, h — горизонтальная проекция

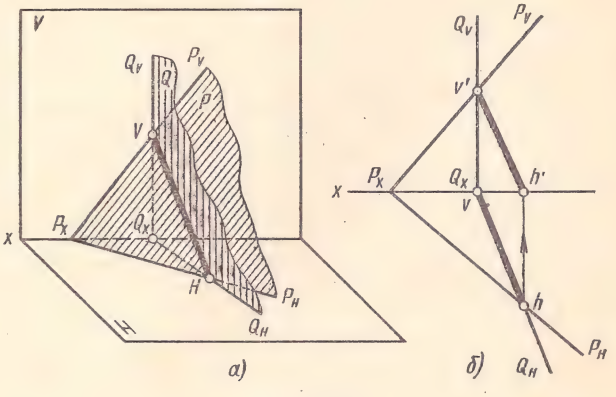


Рис. 132

горизонтального следа этой же прямой. Опуская перпендикуляры из точек v' и h' на ось x, находим точки v и h'. Соединив прямыми одноименные проекции следов, т. е. точки v' и h', v и h, получим проекции линии пересечения плоскостей P и Q.

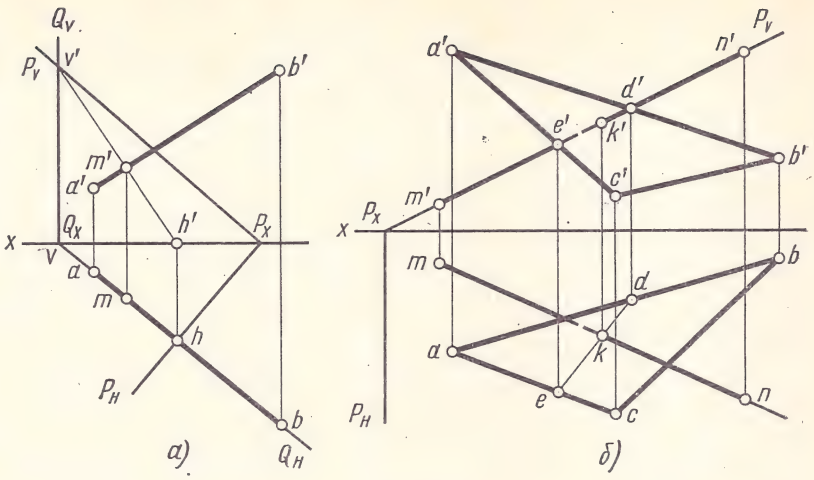


Рис. 134

§ 6. ПРЯМАЯ, ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЛОСКОСТИ

Из стереометрии известно, что прямая AB, параллельная прямой MN, расположенной на плоскости P, будет параллельна этой плоскости.

Если на комплексном чертеже через данную точку A (рис. 133, $а$) требуется провести прямую, параллельную плоскости P, то сначала надо провести в этой плоскости какую-либо прямую, а затем параллельно этой прямой через данную точку A провести искомую прямую. При этом надо помнить, что одноименные проекции параллельных прямых на комплексном чертеже должны быть параллельными.

В данном примере плоскость P задана следами P_V и P_H. Проводим в плоскости P прямую общего положения VH способом, изложенным выше (см. рис. 122, $б$).

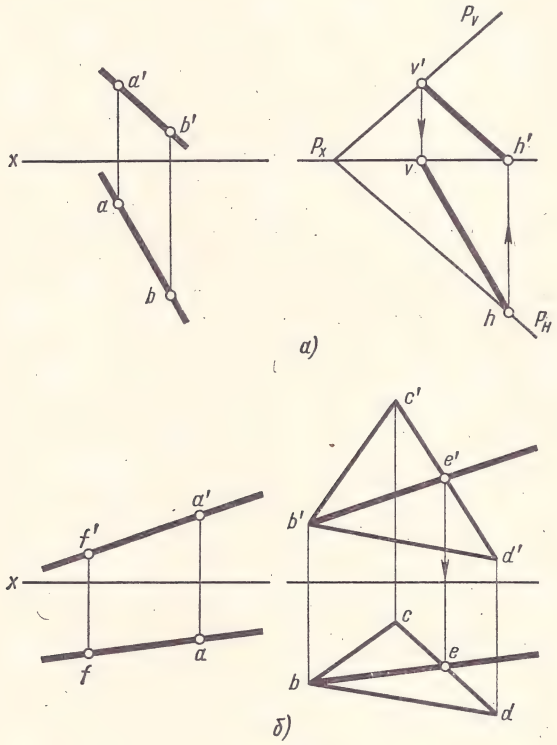


Рис. 133

Через данные проекции a и a' точки A проводим искомые проекции $a'b'$ и ab прямой AB параллельно проекциям $v'h'$ и vh прямой VH. Прямая AB параллельна плоскости P.

Если плоскость задана не следами, а какой-либо фигурой, например треугольником BCD (рис. 133, $б$), то прямую, лежащую в плоскости этого треугольника, удобнее провести через какую-либо вершину треугольника, например через вершину B. На рис. 133, $б$ проведена фронтальная проекция $b'e'$ такой прямой. Проводя через точку e' линию связи, находим горизонтальную проекцию e точки E. Прямая BE лежит в плоскости треугольника BCD. Как и в предыдущем примере, через заданные проекции a и a' точки A проводим искомые проекции прямой AF параллельно проекциям прямой BE. Прямая AF параллельна плоскости треугольника BCD.

§ 7. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ПЛОСКОСТЬЮ

Если прямая AB пересекается с плоскостью P, то на комплексном чертеже точка их пересечения определяется следующим образом.

Через прямую AB проводят любую вспомогательную плоскость Q. Для упрощения построений плоскость Q обычно берется проецирующей (рис. 134, $а$). В данном случае проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость Q. Через горизонтальную проекцию ab прямой AB проводят горизонтальный след Q_H плоскости Q и продолжают его до пересечения с осью x в точке Q_x. Из точки Q_x к оси x восставляют перпендикуляр Q_xQ_V, который является

фронтальным следом Q_V вспомогательной плоскости Q.

Вспомогательная плоскость Q пересекает данную плоскость P по прямой VH, следы которой лежат на пересечении следов плоскостей P и Q. Заметив точки пересечения следов P_V и Q_V — точку v' и следов P_H и Q_H — точку h, опускают из этих точек на ось x перпендикуляры, основания которых — точки v и h' — будут вторыми проекциями следов прямой VH. Соединяя попарно точки v' и h', v и h, получают фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения плоскостей.

Точка пересечения M заданной прямой AB и найденной VH и будет искомой точкой пересечения прямой AB с плоскостью P. Фронтальная проекция m' этой точки расположена на пересечении проекций $a'b'$ и $v'h'$. Горизонтальную проекцию m точки M находят проводя вертикальную линию связи из точки m' до встречи с проекцией ab.

Если плоскость задана не следами, а пересекающимися прямыми, например треугольником (рис. 134, *б*), то точку пересечения прямой MN с плоскостью треугольника ABC находят следующим образом.

Через прямую MN проводят вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость P. Для этого через точки m' и n' проводят фронтальный след плоскости P, продолжают его до оси x и из точки пересечения следа плоскости P_V с осью x опускают перпендикуляр P_H, который является горизонтальным следом плоскости P.

Затем находят линию ED пересечения плоскости P с плоскостью данного треугольника ABC. Фронтальная проекция $e'd'$ линии ED совпадает с $m'n'$. Горизонтальную проекцию ed находят проводя вертикальные линии связи из точек e' и d' до встречи с проекциями ab и ac сторон треугольника ABC. Точки e и d соединяют прямой. На пересечении горизонтальной проекции ed линии ED с горизонтальной проекцией mn прямой MN находят горизонтальную проекцию k искомой точки K. Проведя из точки k вертикальную линию связи, находят фронтальную проекцию k'. Точка K — искомая точка пересечения прямой MK с плоскостью треугольника ABC.

В частном случае, когда прямая AB перпендикулярна плоскости P, проекции прямой AB перпендикулярны одноименным следам этой плоскости (рис. 135, *а*). Фронтальная проекция $a'b'$ перпендикулярна фронтальному следу P_V, а горизонтальная проекция ab перпендикулярна горизонтальному следу P_H плоскости P.

Если плоскость задана параллельными или пересекающимися прямыми, то проекции прямой, перпендикулярной этой плоскости, будут перпендикулярны фронтальной проекции горизонтали и горизонтальной проекции фронтали, лежащих на плоскости.

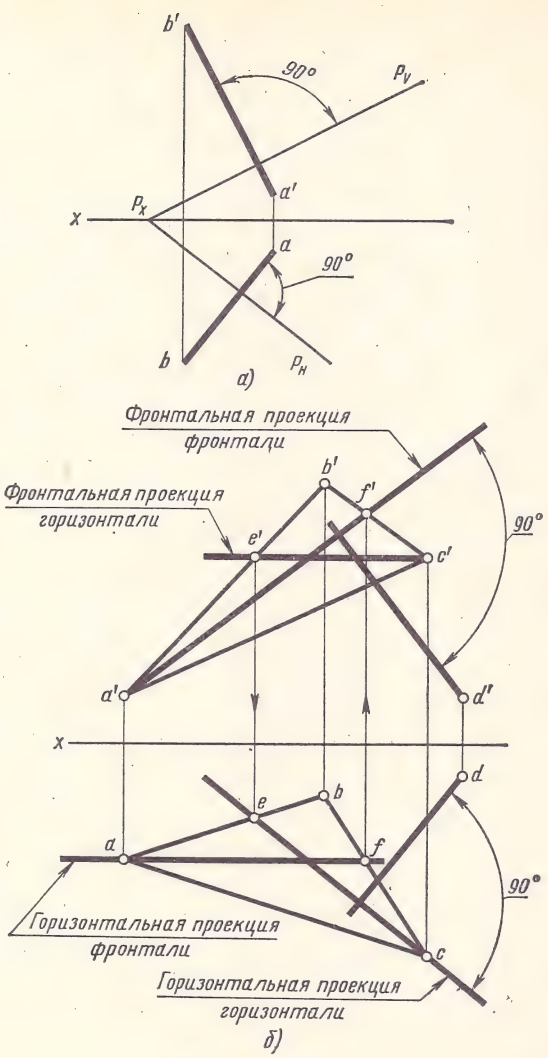


Рис. 135

Таким образом, если, например, на плоскость, заданную треугольником ABC, необходимо опустить перпендикуляр, то построение выполняется следующим образом (рис. 135, *б*).

На плоскости проводят горизонталь CE и фронталь FA. Затем из заданных проекций d и d' точки D опускают перпендикуляры соответственно на ce и $f'a'$. Прямая, проведенная из точки D, перпендикулярна к плоскости треугольника ABC.

§ 8. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Задачи на построение линии пересечения плоскостей, заданных пересекающимися прямыми, можно решать подобно задаче на пересечение пло-

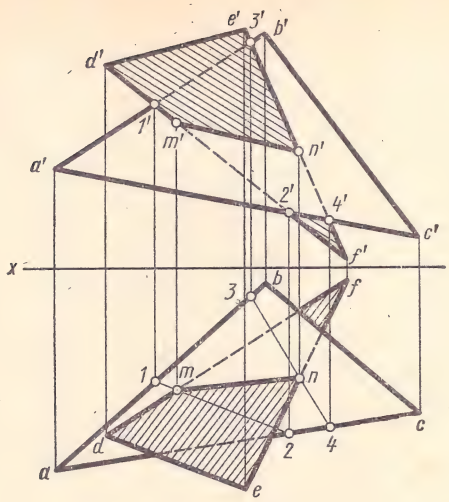


Рис. 136

скости с прямыми линиями. На рис. 136 показано построение линии пересечения плоскостей, заданных треугольниками *ABC* и *DEF*. Прямая *MN* построена по найденным точкам пересечения сторон *DF* и *EF* треугольника *DEF* с плоскостью треугольника *ABC*.

Чтобы найти точку *M*, через прямую *DF* проводят фронтально-проецирующую плоскость (на чертеже следы этой плоскости не показаны), которая пересекается с плоскостью треугольника *ABC* по прямой *12*. Через полученные точки *1'* и *2'* проводят вертикальные линии связи до пересечения их с горизонтальными проекциями *ab* и *ac* сторон треугольника *ABC* в точках *1* и *2*. На пересечении горизонтальных проекций *df* и *12* получают горизонтальную проекцию *m* искомой точки *M*, которая является точкой пересечения прямой *DF* с плоскостью *ABC*. Затем находят фронтальную проекцию *m'* точки *M*. Точку *N* пересечения прямой *EF* с плоскостью *ABC* находят так же, как и точку *M*.

Соединив попарно точки *m'* и *n'*, *m* и *n*, получают проекции линии пересечения *MN* плоскостей *ABC* и *DEF*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется следом плоскости?
2. Дайте определение трех проецирующих плоскостей.
3. Каковы отличительные особенности плоскости общего положения?
4. Что называется горизонталью и фронталью плоскости?
5. Какими способами может быть задана плоскость на комплексном чертеже?

ГЛАВА 5

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

§ 1. ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Изучая прямоугольное проецирование отрезков прямых или плоских кривых линий, а также фигур (треугольника, круга и др.) на три плоскости проекций V, H и W, можно заметить следующее. Действительные размеры этих линий и фигур получаются на той плоскости проекций, параллельно которой расположены эти линии и фигуры (рис. 137). Например, отрезок прямой AB, параллельный плоскости V (отрезок фронтали), проецируется в действительную величину на плоскость V или, иначе, длина фронтальной проекции $a'b'$ отрезка фронтали равна действительной длине этого отрезка.

Если плоскость фигуры, например треугольника ABC, параллельна фронтальной плоскости проекций, то фронтальная проекция $a'b'c'$ является его действительной величиной.

В техническом черчении иногда приходится по данным прямоугольным проекциям (комплексному чертежу) детали определять действительную величину какого-либо элемента этой детали, расположенного в плоскости общего положения. Для этого применяются особые способы построения, цель которых — получить новую проекцию элемента детали, которая представляет собой его действительную величину.

Такими способами являются: способ вращения, способ совмещения (частный случай предыдущего способа) и способ перемены плоскостей проекций.

Перечисленными способами на комплексных чертежах решают также многие другие метрические и позиционные задачи проекционного черчения. Так, например, этими способами, решая метрические задачи, определяют:

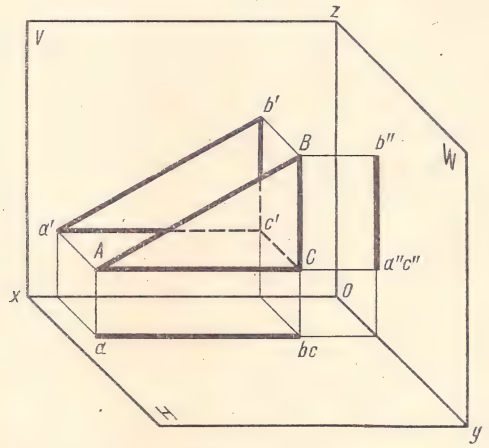


Рис. 137

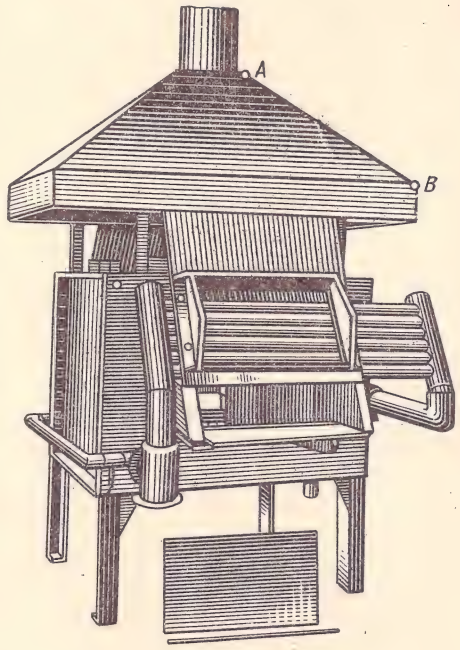


Рис. 138

а) действительную длину отрезка прямой, наклоненной к плоскости проекций (например, ребра AB колпака газовой печи для термообработки инструментов, рис. 138. Длина ребра необходима для построения развертки боковой поверхности колпака. Чертеж развертки требуется для того, чтобы вырезать заготовку колпака из стального листа);

б) действительные размеры и форму (действительный вид) какой-либо фигуры, расположенной в плоскости общего положения;

в) величину углов наклона прямой или плоскости общего положения к плоскостям проекций;

г) величину угла между прямыми линиями или между плоскостями;

д) расстояние между точкой и прямой;

е) расстояние между параллельными прямыми;

ж) расстояние между скрещивающимися прямыми;

з) расстояние между точкой и плоскостью;

и) расстояние между параллельными прямой и плоскостью;

к) расстояние между параллельными плоскостями;

л) угол между прямой и плоскостью, а также многие другие позиционные задачи.

Эти задачи сводятся к методике решения четырех основных задач:

1. Преобразование прямой общего положения в прямую уровня (горизонталь, фронталь или профильную прямую).
2. Преобразование прямой общего положения в проецирующую прямую.
3. Преобразование плоскости общего положения в проецирующую плоскость.
4. Преобразование плоскости общего положения в плоскость уровня.

§ 2. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

Способ вращения заключается в том, что заданные точка, линия или плоская фигура, расположенные перед плоскостями H, V и W, вращаются около оси, перпендикулярной к одной из плоскостей проекций до требуемого положения относительно какой-либо плоскости проекций. Если вращается фигура или тело, то каждая их точка будет перемещаться по окружности.

Рассмотрим вращение простейшего геометрического элемента — точки A (рис. 139, *а*). Пусть ось вращения MN будет перпендикулярна к плоскости H. При вращении около оси MN точка A перемещается по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной к оси вращения. Точка пересечения этой плоскости с осью вращения называется центром вращения.

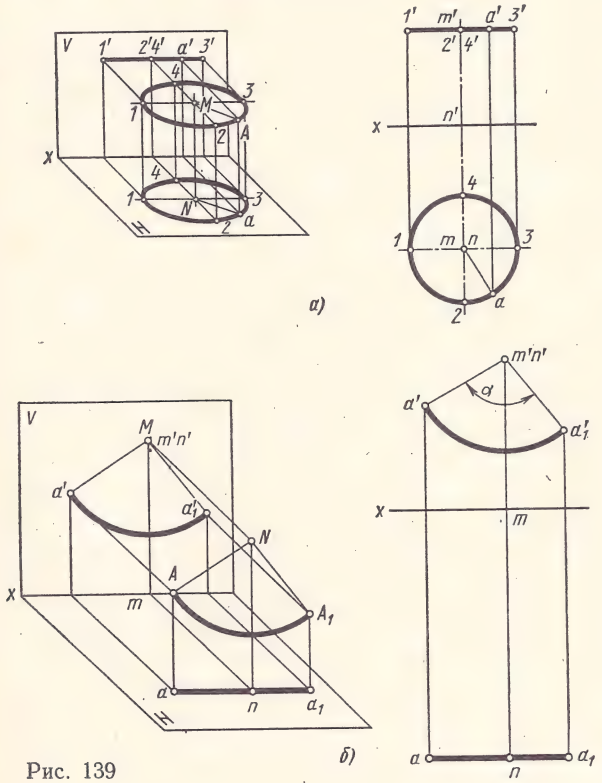


Рис. 139

Так как окружность, по которой движется точка A, расположена в плоскости, параллельной плоскости H, то горизонтальная проекция этой окружности является ее действительной величиной, а фронтальная проекция — отрезком прямой, параллельной оси x. Длина этого отрезка равна диаметру окружности, лежащей в плоскости вращения.

Таким образом, при вращении точки A вокруг оси, перпендикулярной к какой-либо плоскости проекций, проекция точки на эту плоскость перемещается по окружности, а вторая проекция — по прямой, параллельной оси проекций.

Повернем данную точку A около оси MN, перпендикулярной к плоскости V, на заданный угол α. Для этого на комплексном чертеже необходимо выполнить следующие построения (рис. 139, *б*).

Фронтальную проекцию оси вращения — точку $m'n'$ соединяют прямой линией с фронтальной проекцией a' точки A и получают отрезок $m'a'$, равный действительной величине радиуса окружности вращения. Этим радиусом из центра m' описывают дугу окружности вращения (рис. 139, *б*). На плоскости V строят угол α, одна сторона которого является радиусом вращения $a'm'$. На пересечении дуги окружности вращения с другой стороной угла α получаем точку a'_1 — новую фронтальную проекцию точки A. Новую горизонтальную проекцию точки A находят проводя вертикальную линию связи из точки a'_1 до пересечения с прямой, проведенной из точки a параллельно оси x.

Вращение отрезка прямой около оси, перпендикулярной к плоскости проекций, можно рассматривать как вращение двух точек этого отрезка.

Построения на комплексном чертеже упрощаются, если ось вращения провести через какую-либо конечную точку вращаемого отрезка прямой. В этом случае достаточно повернуть только одну точку отрезка, так как другая точка, расположенная на оси вращения, остается неподвижной.

Пусть требуется определить способом вращения действительную величину отрезка AB прямой общего положения (рис. 140, *а*).

Через конец отрезка A (рис. 140, *б*) проводят ось вращения MN перпендикулярно к плоскости H. Около этой оси вращается второй конец отрезка — точка B. Чтобы получить на комплексном чертеже действительную величину отрезка, надо повернуть его так, чтобы он был параллелен плоскости V.

После вращения горизонтальная проекция отрезка должна быть параллельна оси x, поэтому на этой плоскости проекций и начинается построение. Из точки a радиусом ab описывают дугу

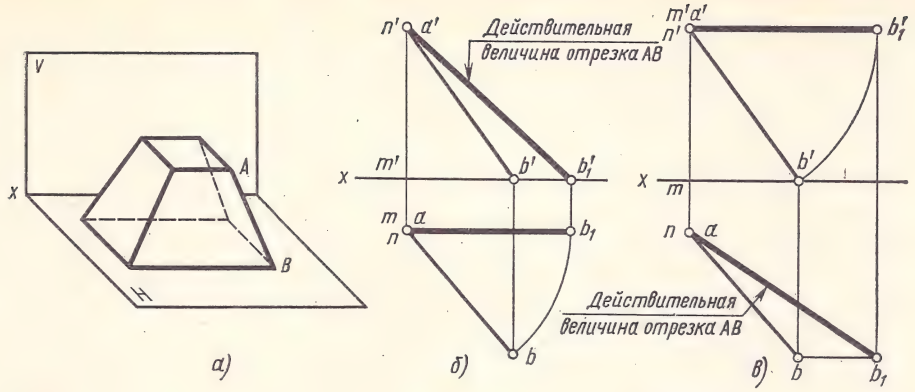


Рис. 140

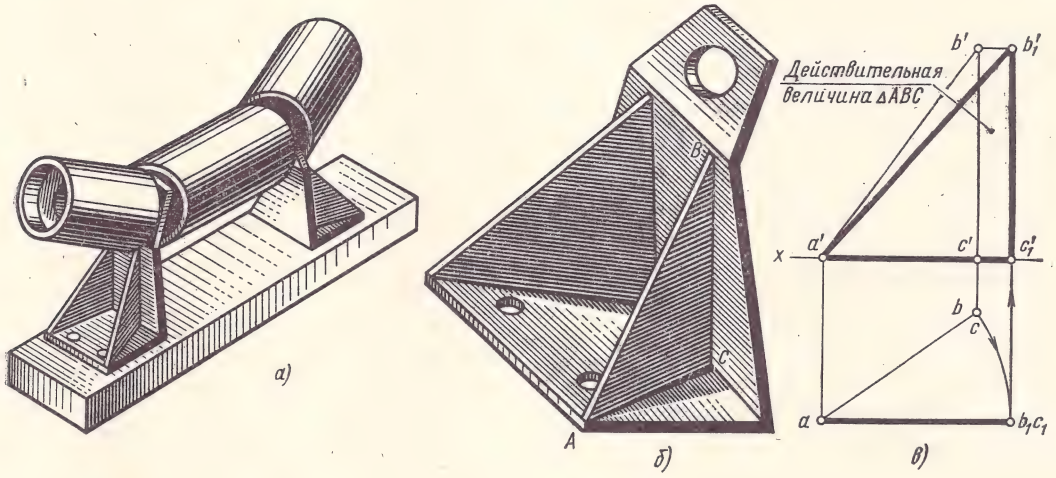


Рис. 141

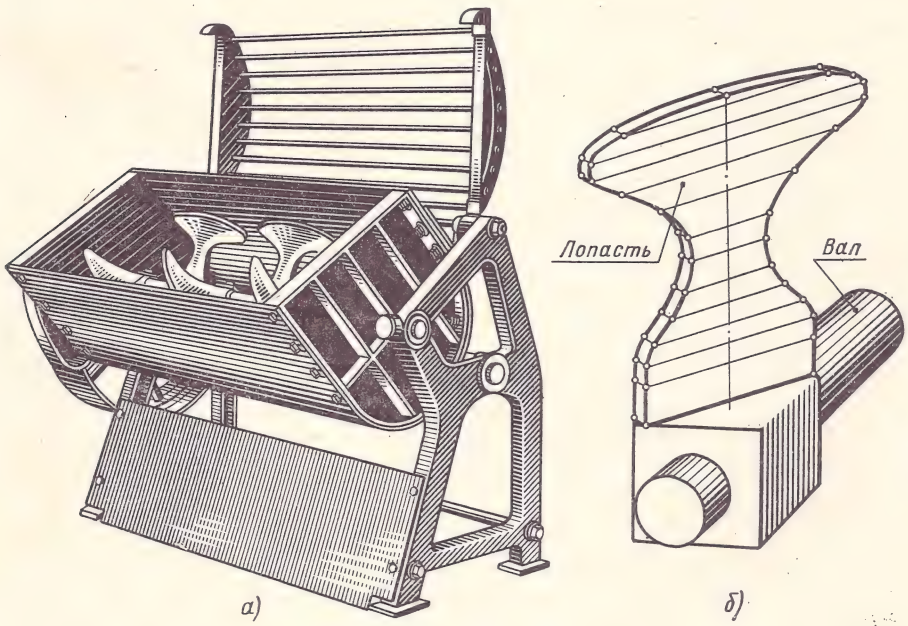


Рис. 142

окружности до пересечения с прямой, проведенной из точки a параллельно оси x (рис. 140, *б*). Точка пересечения b_1 — новая горизонтальная проекция точки B. Фронтальную проекцию b'_1 точки B находят проводя вертикальную линию связи из точки b_1 до пересечения с прямой, проведенной из точки b' параллельно оси x (в данном случае эта прямая совпадает с осью x). Соединив точки b'_1 и a', на плоскости V получают действительную величину $a'b'_1$ отрезка AB.

Эту задачу можно решить вращением отрезка AB около оси, перпендикулярной к плоскости V. Через конец отрезка A проводят ось вращения MN (рис. 140, *в*). Из точки a' радиусом, равным $a'b'$, проводят дугу окружности до пересечения с прямой, проведенной из точки a' параллельно оси x. Получают новую фронтальную проекцию b'_1 точки B. Проведя из точки b прямую, параллельную оси x, и вертикальную линию связи через точку b'_1, на их пересечении получают новую горизонтальную проекцию b_1 точки B после поворота отрезка AB. Соединив точки b_1 и a, находят действительную величину ab_1 отрезка AB.

Способом вращения можно определить действительную величину фигуры. На рис. 141, *а* изображен поддерживающий ролик ленточного конвейера. Пусть требуется определить действительную величину ребра стойки ролика (рис. 141, *б*) — прямоугольного треугольника ABC.

Как видно из рис. 141, плоскость треугольника горизонтально-проецирующая, поэтому действительную величину треугольника можно получить на плоскости V вращением этого треугольника около вертикальной оси до тех пор, пока плоскость треугольника не станет параллельной плоскости V.

На комплексном чертеже (рис. 141, *в*) ось вращения, перпендикулярная к плоскости H, проведена через вершину треугольника A. Вращаются одновременно две вершины треугольника — B и C. После поворота новая горизонтальная проекция треугольника ab_1c_1 должна быть параллельна оси x. Фронтальные проекции — точки b'_1 и c'_1 вершин B и C после поворота находят проводя вертикальные линии связи из точек c_1 и b_1. Соединив точки a', b'_1 и c'_1, получим на плоскости V действительную величину треугольника ABC.

Способом вращения на комплексном чертеже можно найти действительную величину фигуры криволинейного контура, например лопасти мешалки (рис. 142, *а*). На рис. 142, *б* дано наглядное изображение одной лопасти этой мешалки и части вала. Так как лопасть расположена под углом к оси вала, на котором она установлена, а ось вала на комплексном чертеже должна быть параллельна оси x, то на фронтальной и профильной проекциях лопасть будет изображена в искаженном виде.

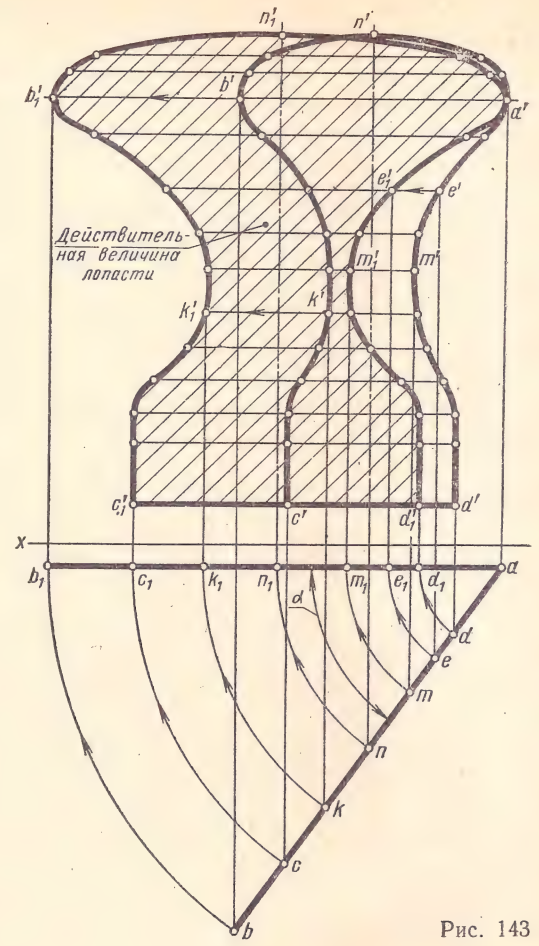


Рис. 143

Действительную величину лопасти находят вращением лопасти вокруг оси, перпендикулярной к плоскости H. Для этого на фронтальной проекции контура берут несколько произвольных точек — a', e', m', d', c', k', b', n' (рис. 143). Проводя из этих точек вертикальные линии связи, находят их горизонтальные проекции — a, e, m, d, c, k, b, n, которые будут располагаться на горизонтальной проекции контура лопасти, т. е. на прямой ab, наклоненной под углом α к оси x. Вертикальная ось вращения проведена через точку A. Горизонтальную проекцию ab контура лопасти поворачивают вокруг центра вращения (точки a) на угол α и получают новую горизонтальную проекцию ab_1 лопасти.

Для определения новой фронтальной проекции какой-либо точки контура, например точки b'_1, через точку b_1 проводят вертикальную линию связи до пересечения с прямой, проведенной из b' параллельно оси x. Также находят и остальные новые фронтальные проекции точек конту-

ра — e_1', m_1', d_1', c_1', k_1', n_1'. Соединяя их плавной кривой по лекалу, получим действительную величину лопасти.

§ 3. СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ

Способ совмещения какой-либо плоскости P с плоскостью проекций есть вращение плоскости P около ее следа (рис. 144, *а* и *б*).

Чтобы совместить с плоскостью проекций какую-либо точку, отрезок прямой или фигуру, надо через эти элементы провести вспомогательную плоскость P. Затем вращением плоскости P около ее следа P_H или P_V надо совместить эту плоскость вместе с расположенными на ней геометрическими элементами с плоскостью проекций.

После такого совмещения отрезка прямой или фигуры с плоскостью проекций на этой плоскости получаются действительные величины этих геометрических элементов.

Построения на комплексном чертеже упрощаются, если через совмещаемые геометрические элементы можно провести какую-либо проецирующую плоскость, например горизонтально-проецирующую. При любом расположении горизонтально-проецирующей плоскости P относительно V и H ее следы после совмещения будут располагаться под прямым углом (рис. 144, *а* и *б*). Совмещая горизонтально-проецирующую плоскость с плоскостью H вращением около горизонтального следа P_H, видим, что совмещенный фронтальный след P_{V1} находится под прямым углом к неподвижному горизонтальному следу P_H (рис. 144, *б*).

Если на горизонтальном следе P_H, который является осью вращения горизонтально-проецирующей плоскости P и, следовательно, неподвижен, взять какую-либо точку, то после совмещения плоскости P с плоскостью H положение точки не изменится.

Если же взять точку B на фронтальном следе P_V плоскости P (рис. 144, *в*), то совмещенная точка B_1 будет лежать на совмещенном следе P_{V1}, при этом расстояние $P_x b'$ будет равно расстоянию $P_x b_1'$.

Отрезок прямой вполне определяется двумя точками, поэтому, если через отрезок AB провести, например, фронтально-проецирующую плоскость P (рис. 145, *а*) и совместить ее с H, то при этом с плоскостью H совместятся и концы этого отрезка — точки A и B, т. е. весь отрезок прямой. Тогда на плоскости H отрезок спроецируется без искажения.

Таким образом, задача определения действительной величины отрезка прямой AB способом совмещения решается следующим образом. Через точку a (рис. 145, *а*), расположенную на плоскости H, проводят перпендикулярно оси x горизонтальный след P_H фронтально-проецирующей плоскости P. Через точки a' и b' проводят след P_V. Плоскость P совмещают с плоскостью H; совмещенное положение следа P_{V1} совпадает с осью x. Из точки P_x радиусом $P_x b'$ делают засечку дугой окружности на совмещенном следе P_{V1} и из точки пересечения опускают перпендикуляр к оси x. Из точки b опускают перпендикуляр на след P_H и, продолжая его до пересечения с прямой, перпендикулярной к оси x, получают совмещенное положение точки B — точку b_1'. Соединив точки a_1' и b_1', находят совмещенное положение отрезка AB, которое и будет его действительной величиной.

Определение действительной величины треугольника ABC показано на рис. 145, *б*. Как и при решении задачи способом вращения, здесь рассматривается случай, когда плоскость треугольника является горизонтально-проецирующей (например, ребро стойки поддерживающих роликов конвейера, см. рис. 141, *б*).

Решая эту задачу способом совмещения, вначале проводят следы P_V и P_H плоскости треугольника ABC. Так как сторона AC треугольника расположена в плоскости, параллельной H,

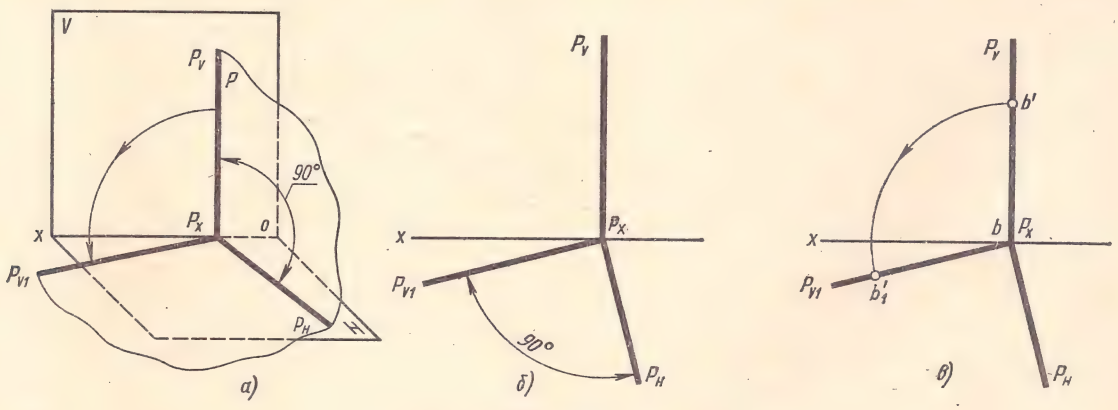


Рис. 144

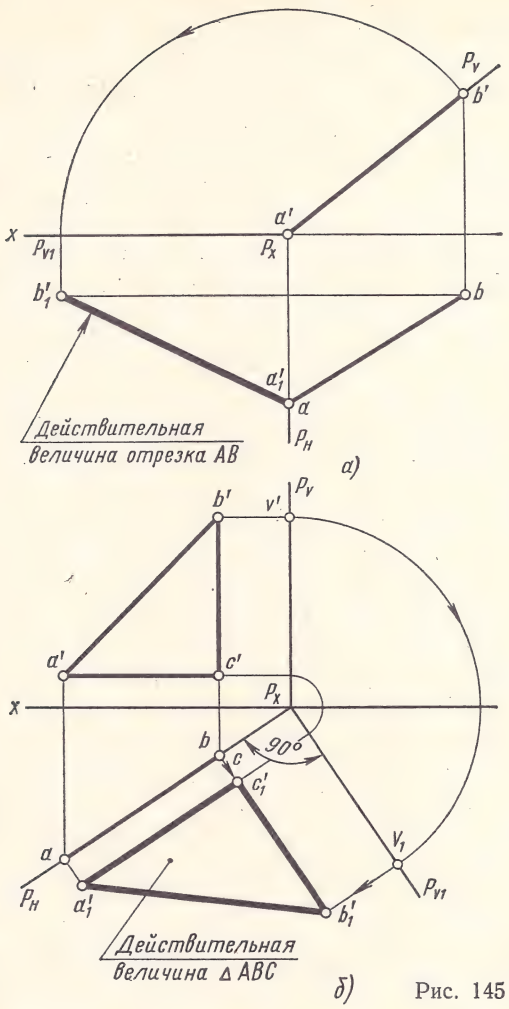


Рис. 145

то проекция ac совпадает со следом P_H. Затем совмещают с плоскостью H фронтальный след плоскости P_V, который после совмещения будет располагаться под углом 90° к горизонтальному следу P_H.

Для построения совмещенного положения точки B из точки b' проводят прямую, параллельную оси x, до пересечения со следом P_V в точке v'; на совмещенном следе P_{V1} делают засечку дугой окружности радиусом, равным $P_x v'$, и получают точку v_1 — совмещенное положение точки V. Через точку v_1 проводят прямую, параллельную следу P_H. Совмещенное положение точки B находится в точке b_1' пересечения перпендикуляра, восставленного из точки b к следу P_H, с прямой, проведенной из точки v_1 параллельно следу P_H.

Определение действительной величины фигуры криволинейного контура, например, лопасти мешалки способом совмещения показано на рис. 146. Построение аналогично описанному выше. Различие состоит в том, что в данном случае совмещают несколько произвольно взятых точек криволинейного контура.

Через фигуру лопасти проводят вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость, заданную следами P_V и P_H. Затем на криволинейном контуре фигуры берут несколько произвольно расположенных точек A, B, C, ..., через которые проводят горизонтали этой плоскости. Плоскость P совмещают с плоскостью H вместе с горизонталями. На совмещенных горизонталях находят точки a_1', b_1', c_1', которые соединяют плавной кривой и получают действительную величину лопасти.

Например, для совмещения с плоскостью H точки B криволинейного контура через точку B проводят горизонталь плоскости P. Фронтальная проекция горизонтали параллельна оси x; горизонтальная проекция горизонтали совпадает с горизонтальным следом P_H. Затем эту горизонталь совмещают с плоскостью H. Совмещение произведено таким образом. Фронтальная проекция горизонтали пересекает фронтальный след P_V плоскости P в точке v', которая является фронтальным следом горизонтали. Совмещенное положение этого следа находится на совмещенном фронтальном следе P_{V1} в точке v_1. Из точки v_1 проведена прямая, параллельная P_H, которая

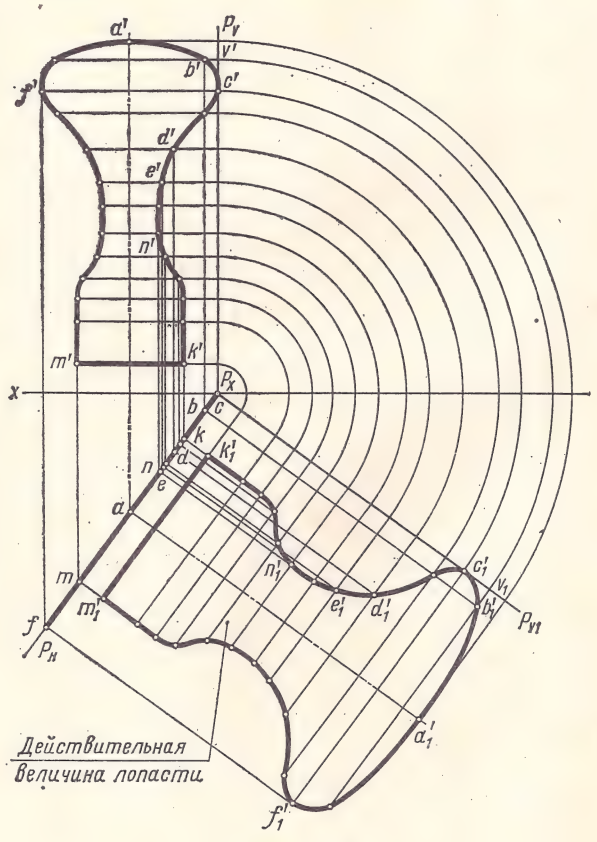


Рис. 146

и будет совмещенным положением горизонтали, проходящей через точку B.

Из горизонтальной проекции b точки B опущен перпендикуляр на P_H и продолжен далее до пересечения с совмещенной горизонталью в точке b_1'. Эта точка и будет являться искомым совмещенным положением точки B с плоскостью H.

§ 4. СПОСОБ ПЕРЕМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Сущность способа перемены плоскостей проекций заключается в том, что одна из плоскостей проекций заменяется новой, на которую проецируются данная точка, отрезок прямой линии или фигура. При этом в отличие от двух предыдущих способов эти геометрические элементы не меняют своего положения в пространстве. Например, фронтальная плоскость проекций V может быть заменена новой, обозначаемой V_1 (рис. 147, *а*), причем плоскость V_1 должна быть так же, как и плоскость V, перпендикулярна к плоскости H.

На комплексном чертеже новая ось проекций, которая образуется при пересечении новой плоскости V_1 с плоскостью H, обозначается x_1. Новая система плоскостей проекций обозначается $\frac{V_1}{H}$. Иногда заменяется и горизонтальная плоскость проекций H на новую плоскость, обозначаемую H_1.

Если новая фронтальная плоскость проекций V_1 по своему положению являлась, как и замененная V, вертикальной плоскостью, то новая горизонтальная плоскость проекций H_1 по своему положению не будет горизонтальной, а называется так только условно.

В некоторых случаях для решения задач на комплексном чертеже приходится последовательно заменять две плоскости проекций, например, фронтальную V на V_1 и горизонтальную H на H_1.

На наглядном изображении проекций точки A (рис. 147, *а*) видно, что при перемене фронтальной плоскости проекций V на новую V_1 расстояние от новой фронтальной проекции a_1' точки A до новой оси проекций x_1 равно расстоянию от фронтальной проекции a' точки A до оси проекции x, т. е. координате z_A. Это правило надо запомнить. В дальнейшем оно применяется при решении разных задач способом перемены плоскостей проекций.

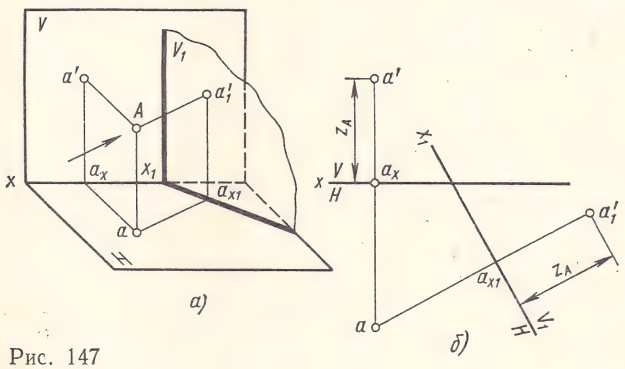


Рис. 147

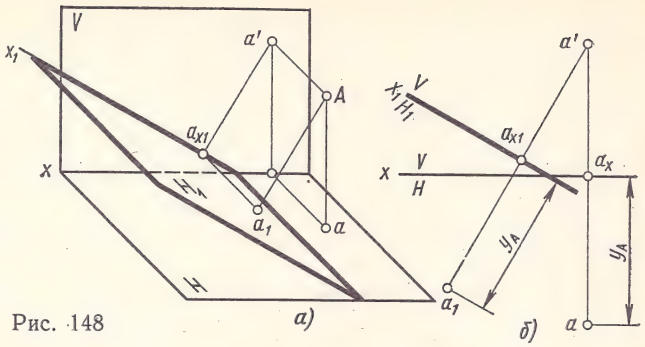


Рис. 148

Таким образом, при замене плоскости V на плоскость V_1 на комплексном чертеже прежде всего должна быть проведена новая ось проекций x_1 (рис. 147, *б*), а затем построена новая фронтальная проекция точки. Это выполняется следующим образом. Из горизонтальной проекции a точки A опускают перпендикуляр на новую ось проекций x_1 и на продолжении этого перпендикуляра откладывают от новой оси координату z_A. В результате получают новую фронтальную проекцию a_1' точки A.

Если на комплексном чертеже точки A нужно заменить горизонтальную плоскость проекций, то для нахождения новой горизонтальной проекции a_1 точки A нужно проделать следующие построения (рис. 148, *а* и *б*). Из фронтальной проекции a' опускают на новую ось x_1 перпендикуляр и на его продолжении откладывают координату y_A точки A.

Определим способом перемены плоскостей проекций действительную величину отрезка AB — ребра колпака (см. рис. 140). В этом случае новая плоскость проекций V_1 или H_1 должна быть выбрана так, чтобы она была параллельна отрезку AB. Иначе, отрезок AB по отношению к новой плоскости проекций должен быть или фронталью (при замене плоскости V на плоскость V_1) или горизонталью (при замене плоскости H на плоскость H_1).

Решим эту задачу в двух вариантах.

1 - й в а р и а н т. Заменим плоскость V новой фронтальной плоскостью проекций V_1 (рис. 149, *а*).

Для упрощения построений новая ось проекций x_1 может совпадать с горизонтальной проекцией ab отрезка прямой. Координата z_B точки B равна нулю (так как точка B расположена

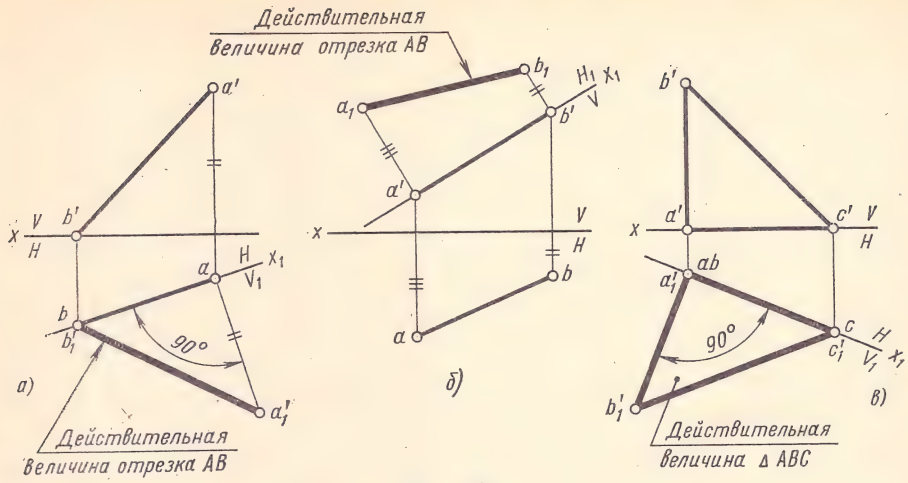


Рис. 149

на плоскости H), поэтому новая фронтальная проекция b_1' совпадает с горизонтальной проекцией b.

Новая фронтальная проекция a_1' точки A находится на перпендикуляре, восставленном к новой оси проекций x_1. Отрезок $a_1'a$, отложенный на этом перпендикуляре, равен расстоянию от прежней фронтальной проекции a' точки A до прежней оси x или координате z_A точки A. Соединив точки a_1' и b_1', получим действительную величину отрезка AB.

2-й вариант. Заменим плоскость H новой горизонтальной плоскостью проекций H_1 (рис. 149, *б*).

Новую ось проекций x_1 проведем (для упрощения построений) через фронтальную проекцию отрезка $a'b'$. Координату y_A откладываем на перпендикуляре к новой оси x_1 от точки a', а координату y_B — от точки b'. Отложив эти координаты, получаем новые горизонтальные проекции a_1 и b_1 точек A и B. Соединив точки a_1 и b_1, на новой горизонтальной плоскости проекций H_1 получим действительную величину отрезка (ребра) AB.

Действительную величину плоской фигуры также можно определить способом перемены плоскостей проекций. Для примера возьмем ребро ABC стойки (см. рис. 141, *б*), которое представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в горизонтально-проецирующей плоскости.

В данном примере следует заменить плоскость проекций V новой плоскостью V_1 так, чтобы новая фронтальная проекция треугольника ABC была его искомой действительной величиной. Новая ось проекций x_1 должна быть проведена на комплексном чертеже параллельно горизонтальной проекции треугольника или (для упрощения построений) так, как показано на рис. 149, *в*, где новая ось x_1 совпадает с горизонтальной проекцией abc треугольника. В этом случае новые фронтальные проекции a_1' и c_1' совпадут с горизонтальными проекциями a и c вершин треугольника.

Для определения действительной величины треугольника остается найти только одну новую фронтальную проекцию третьей точки — вершины B. Для этого нужно из прежней горизонтальной проекции b точки B восставить перпендикуляр к новой оси проекций x_1 и от нее отложить на перпендикуляре расстояние от фронтальной проекции b' до оси проекций x (координату z_B). Соединив точку b_1' с точками a_1' и c_1' прямыми линиями, получим действительную величину треугольника ABC.

Построение действительной величины лопасти, расположенной в горизонтально-проецирующей плоскости, показано на рис. 150. В этом случае плоскость проекций V заменена новой плоскостью V_1. Для упрощения построений новая ось проекций x_1 проведена через горизонтальную проекцию фигуры, а лопасть опущена вниз до соприкосновения с плоскостью H.

Для определения действительной величины фигуры строят новые фронтальные проекции нескольких ее точек способом, описанным выше. Например, для построения новой фронтальной проекции какой-либо точки E криволинейного контура лопасти из горизонтальной проекции e к новой оси проекций восставляют перпендикуляр и на нем от точки e откладывают расстояние от прежней фронтальной проекции e' до прежней оси x, т. е. координату z_E точки E. Точка e_1' — новая фронтальная проекция точки E.

Часто способ перемены плоскостей проекций применяется для решения следующих задач:

1) построить фигуру в заданной плоскости проекций;

2) найти действительную величину фигуры, расположенной в плоскости общего положения.

Рассмотрим решение второй задачи. На рис. 151, *а* показано наглядное изображение державки с расточным резцом. Тело державки, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, срезано плоскостью общего положения.

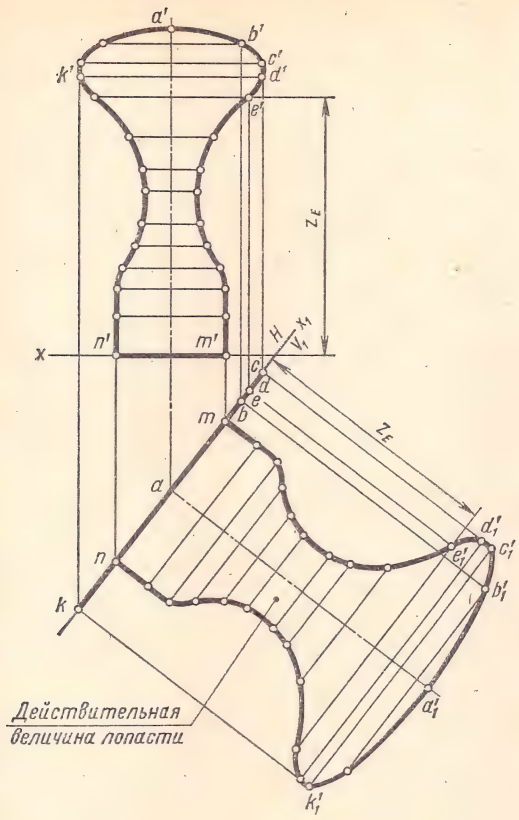


Рис. 150

Требуется построить действительную величину фигуры сечения — треугольника ABC.

Эту задачу можно решить способом перемены плоскостей проекций по следующему плану:

а) заменить одну плоскость проекций другой так, чтобы плоскость среза фигуры — треугольника ABC — стала проецирующей. Например, заменить плоскость V плоскостью V_1 так, чтобы плоскость треугольника ABC стала перпендикулярной к плоскости V_1, т. е. фронтально-проецирующей;

б) заменить другую плоскость проекций так, чтобы плоскость треугольника ABC стала параллельной новой плоскости проекций. Например, заменить плоскость H плоскостью H_1 так, чтобы плоскость треугольника ABC стала параллельной плоскости H_1. Тогда на H_1 получим действительную величину этого треугольника.

На комплексном чертеже эти построения выполняются следующим образом. Для того чтобы плоскость треугольника ABC сделать фронтально-проецирующей, проводят ось x_1 (рис. 151, *б*) так, чтобы она была перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, лежащей в плоскости треугольника.

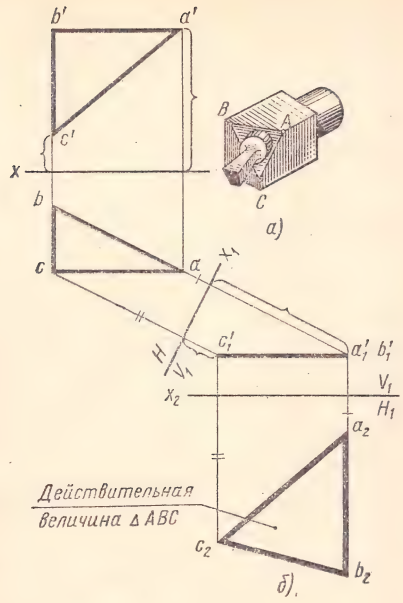


Рис. 151

Так как сторона AB треугольника в данном примере является горизонталью, то новую ось проекций x_1 проводят перпендикулярно ab на произвольном расстоянии от точки a (но не слишком близко к ней во избежание наложения на комплексном чертеже новых проекций треугольника).

Новую фронтальную проекцию треугольника строят по трем его вершинам A, B и C. Например, новую фронтальную проекцию b_1' вершины B находят на перпендикуляре к новой оси проекций x_1 на расстоянии от этой оси, равном расстоянию от b' до прежней оси проекций x, т. е. координате z_B.

Также находят новую фронтальную проекцию c_1' вершины C. Плоскость треугольника в системе $\frac{H}{V_1}$ является фронтально-проецирующей, и новая фронтальная проекция $a_1'b_1'c_1'$ треугольника изображается отрезком прямой линии.

Чтобы плоскость треугольника ABC сделать параллельной горизонтальной плоскости проекций, проводят новую ось проекций x_2 параллельно проекции $a_1'b_1'c_1'$. Новую горизонтальную проекцию треугольника находят таким образом. Из точек a_1', b_1', c_1' опускают перпендикуляры на ось x_2 и на их продолжении от оси x_2 откладывают отрезки, равные расстоянию от прежних горизонтальных проекций вершин до оси проекций x_1 (координате y). Соединив прямыми линиями найденные новые горизонтальные проекции a_2, b_2, c_2 вершин треугольника ABC, получают действительную величину этого треугольника.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем сущность способа вращения?
2. В чем сущность способа перемены плоскостей проекций?

ГЛАВА 6

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК, ЛИНИЙ, ПЛОСКИХ ФИГУР И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

§ 1. ВИДЫ И СПОСОБЫ АКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ

В технике для наглядного изображения изделий или их составных частей применяются аксонометрические [1] проекции этих предметов.

Упражнения в построении аксонометрических проекций помогают научиться читать чертежи и развить пространственное представление форм предметов и деталей машин.

Аксонометрические проекции применяются в качестве вспомогательных к комплексным чертежам в тех случаях, когда требуется поясняющее наглядное изображение формы детали.

Рассматривая рисунки, где приведены ортогональные (прямоугольные) проекции предмета (рис. 152, *а*) и аксонометрическая (рис. 152, *б*), можно видеть преимущество последней с точки зрения наглядности. Закройте ладонью руки

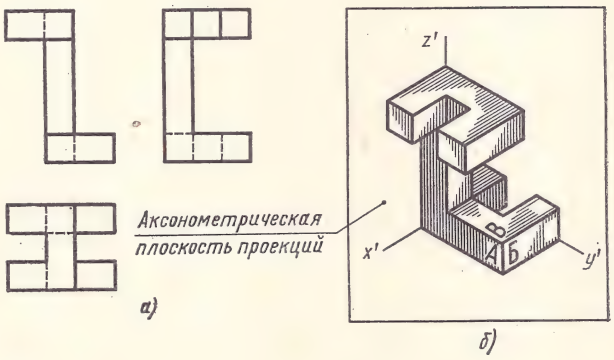


Рис. 152

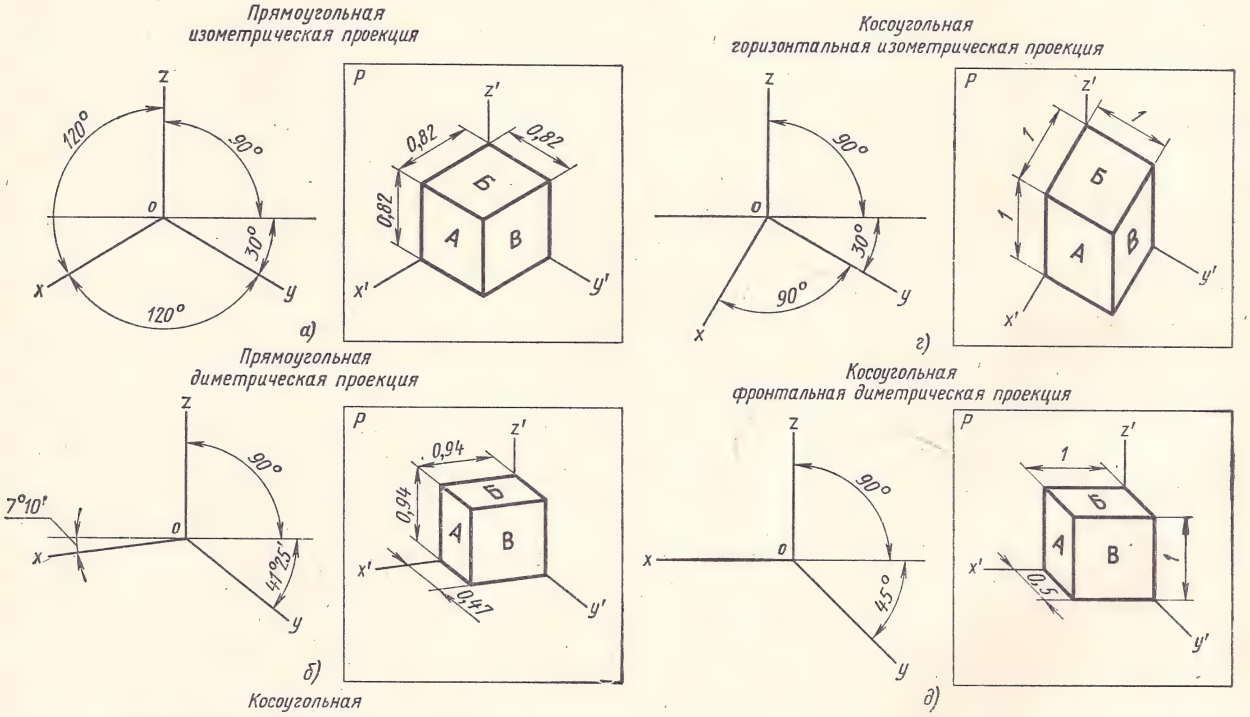


Рис. 153

[1] Слово «аксонометрия» — греческое, состоит из двух слов: axōn — ось, metreō — измеряю; в переводе означает «измерение осей» или, точнее, «измерение по осям».

аксонометрическое изображение предмета (рис. 152, *б*) и попробуйте представить себе форму предмета по трем ортогональным проекциям (рис. 152, *а*). Задача окажется весьма трудной.

Отличие аксонометрических проекций от ортогональных прямоугольных заключается в том, что в аксонометрической проекции изображение предмета вместе с осями координат получается проецированием параллельными лучами на одну аксонометрическую плоскость проекций. Полученные при таком проецировании аксонометрические оси x', y', z' являются проекциями осей координат x, y и z комплексного чертежа. При этом предмет должен располагаться так, чтобы он был виден спереди, сбоку и сверху (см. плоскости *А*, *Б* и *В* на рис. 152, *б*).

В зависимости от направления проецирующих лучей и искажения линейных размеров предмета вдоль осей аксонометрические проекции делятся на прямоугольные и косоугольные.

Если проецирующие лучи перпендикулярны аксонометрической плоскости проекций, то такая проекция называется прямоугольной аксонометрической. К прямоугольным аксонометрическим проекциям относятся изометрическая и диметрическая.

Если проецирующие лучи направлены под углом к аксонометрической плоскости проекций, то получается косоугольная аксонометрическая проекция. К косоугольным аксонометрическим проекциям относятся фронтальная изометрическая, горизонтальная изометрическая и фронтальная диметрическая проекции.

По ГОСТу 2.317—69 рекомендуется применять все пять видов аксонометрических проекций (рис. 153).

§ 2. ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Прямоугольная изометрическая проекция предмета представлена на рис. 153, *а*. Углы между осями x', y' и z' равны между собой, линейные размеры предмета, параллельные этим осям, искажаются одинаково.

Рассмотрим построение изометрической проекции куба.

Как и при ортогональном (прямоугольном) проецировании, куб расположен внутри трехгранного угла, образованного плоскостями проекций H, V и W.

Вместе с осями проекций x, y и z куб мысленно поворачивают около вертикальной оси на угол 45°, а затем — около горизонтальной оси на угол 55°. После поворотов и проецирования куба на аксонометрическую плоскость проекций P

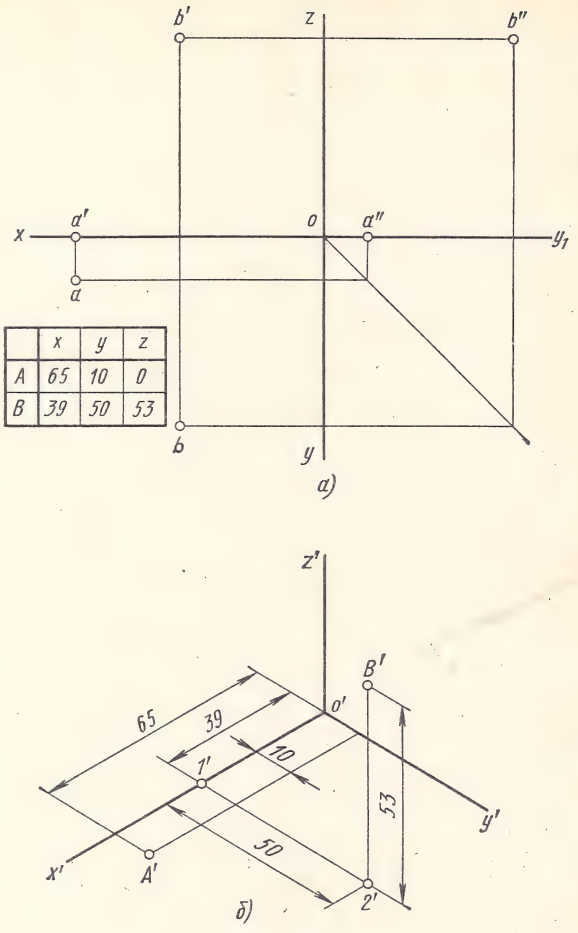


Рис. 154

грани куба изобразятся в виде ромбов, а аксонометрические оси проекций расположатся под углами, равными 120° (рис. 153, *а*).

Длина всех ребер куба на изображении одинаковая, равная 0,82 действительной длины. В техническом черчении для упрощения построений такого сокращения не делают; отрезки, параллельные аксонометрическим осям, откладывают в действительную величину.

Известно, что поверхность предмета состоит из линий, а линия — из точек, поэтому построение изометрических проекций, как и ранее, начнем с точки.

Если даны ортогональные проекции точек *А* и *В* (рис. 154, *а*), то для построения изометрической проекции этих точек проводят аксонометрические оси x', y' и z' под углом 120° друг к другу (рис. 154, *б*). Далее, от начала координат o по оси x' откладывают отрезок $o'1'$, равный координате x_B точки *В*. Координату x_B берем с комплексного чертежа (рис. 154, *а*); в данном примере $x_B = 39$ мм.

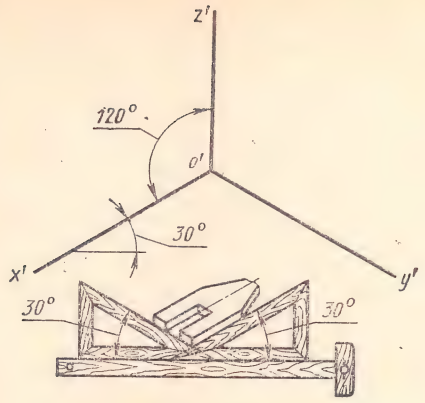


Рис. 155

Из точки $1'$ проводят прямую, параллельную оси y', и на ней откладывают отрезок $1'2'$, равный координате y_B точки B; из точки $2'$ проводят прямую, параллельную оси z', на которой откладывают отрезок $2'B'$, равный координате z_B точки B. Полученная точка B' — искомая изометрическая проекция точки B.

Для построения изометрической проекции точки A достаточно двух координат $x_A = 65$ мм и $y_A = 10$ мм. Третья координата z_A равна нулю, так как точка A лежит на плоскости H.

Аксонометрические оси, а также отрезки прямых, параллельные этим осям, удобно строить с помощью чертежного угольника с углами 30 и 60° (рис. 155).

§ 3. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ПРЯМЫХ ЛИНИЙ И ПЛОСКИХ ФИГУР

Изометрия отрезка прямой AB может быть легко построена по двум точкам — концам этого отрезка. Найдя по координатам изометрию этих точек, соединяем их прямой линией. По точкам может быть выполнена изометрия любой фигуры. При этом расположение фигур по отношению к осям x', y' и z' может быть различным.

Рассмотрим, например, построение изометрической проекции правильного пятиугольника (рис. 156). В этом случае для упрощения построений рассматривается пятиугольник, расположенный на плоскостях проекций H, V и W. Тогда одна из координат вершин прямоугольника будет равна нулю и изометрию каждой вершины можно строить по двум координатам, подобно построению точки A (см. рис. 154, *б*).

Построив изометрию вершин, соединяем их прямыми и получаем изометрию пятиугольника.

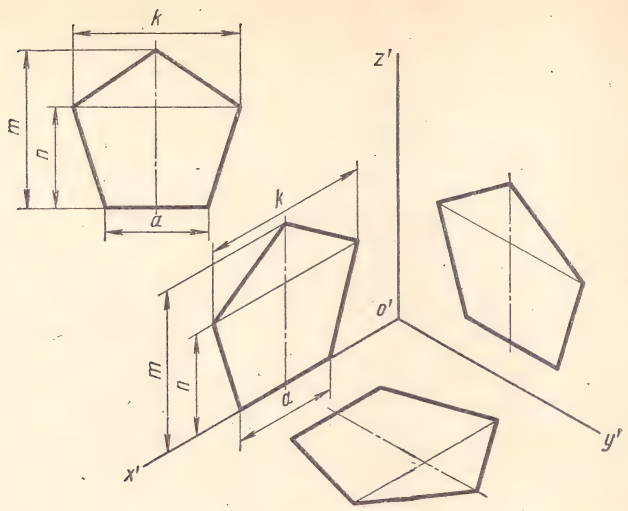


Рис. 156

§ 4. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Прямоугольные изометрические проекции тела, ограниченного плоскостями, например правильной шестигранной призмы, выполняют в такой последовательности (рис. 157).

Если основание призмы — правильный многоугольник (например, шестиугольник), то построение вершин основания по координатам можно упростить, проведя одну из осей координат через центр основания. На рис. 157 оси x', y' и z' проведены через центры правильных шестиугольников призмы.

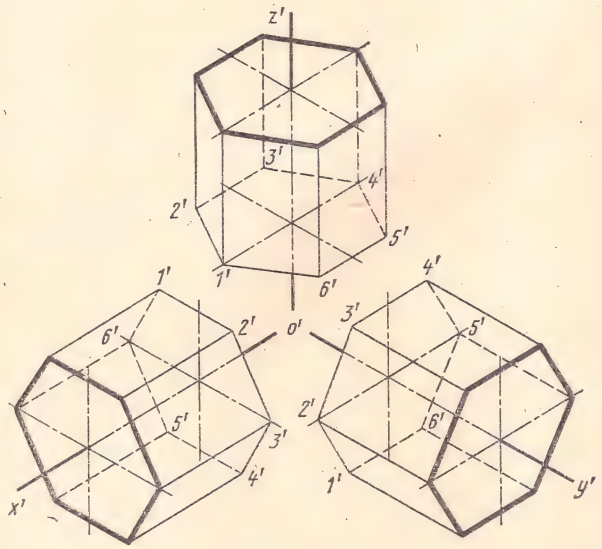


Рис. 157

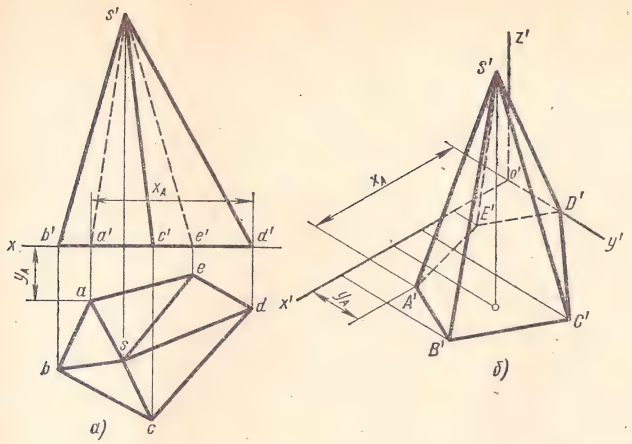


Рис. 158

Построив изометрию основания призмы, из вершин шестиугольника основания проводим прямые, параллельные соответственно осям x', y' или z' (для каждой из рассматриваемых на рис. 157 призм). На этих прямых от вершин основания отложим высоту призмы и получим изометрию шести точек *1—6* вершин другого основания призмы. Соединив эти точки прямыми, получим изометрическую проекцию призмы. В заключение отделяем видимые линии от невидимых, которые надо проводить штриховыми линиями.

Изометрию правильной пирамиды строят в той же последовательности, т. е. строят основание и высоту, а затем проводят ребра. Если пирамида усеченная, строят ее второе основание.

Построение изометрии неправильной пятигранной пирамиды по ее комплексному чертежу показано на рис. 158. На комплексном чертеже любую точку, например D, принимаем за начало координат. Затем по двум координатам x и y строим изометрию пяти точек — вершин основания пирамиды. Так, например, изометрия точки A получается следующим образом. По оси x' от намеченной точки o' откладывают координату $x_A = a'd'$. Из конца ее проводят прямую, параллельную оси y', на которой откладывают вторую координату этой точки $y_A = a'a$.

Далее строят высоту пирамиды и получают точку S' — вершину пирамиды. Соединяя точки S' с точками $A'B'C'D'E'$, получают изометрию пирамиды.

§ 5. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ОКРУЖНОСТИ

Если построить изометрическую проекцию куба, в грани которого вписаны окружности диаметра D (рис. 159, *а*), то квадратные грани куба будут изображаться в виде ромбов, а окружности в виде эллипсов (рис. 159, *б*). Надо запомнить, что малая ось $C'D'$ каждого эллипса всегда должна быть перпендикулярна большой оси $A'B'$.

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости H, то большая ось $A'B'$ должна быть горизонтальной, а малая ось $C'D'$ — вертикальной (рис. 159, *б*).

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости V, то большая ось эллипса должна быть проведена под углом 90° к оси y'.

При расположении окружности в плоскости, параллельной плоскости W, большая ось эллипса располагается под углом 90° к оси x'.

Заметим, что большие оси всех трех эллипсов направлены по большим диагоналям ромбов.

При построении изометрической проекции окружности без сокращения по осям x', y' и z' длина большой оси эллипса берется равной 1,22 диаметра D изображаемой окружности, а длина малой оси эллипса — 0,71 D (рис. 159, *б*).

В учебных чертежах вместо эллипсов рекомендуется применять овалы, очерченные дугами окружностей. Упрощенный способ построения овалов приведен на рис. 160. Для построения овала в плоскости, параллельной H, проводят вертикальную и горизонтальную оси овала (рис. 160, *а*).

Из точки пересечения осей o' проводят вспомогательную окружность диаметром D, равным действительной величине диаметра изображаемой окружности, и находят точки n' пересечения этой окружности с аксонометрическими осями x' и y'. Из точек m' пересечения вспомогательной окружности с осью z', как из центров радиусом $R = n'm'$, проводят две дуги $n'D'n'$ и $n'C'n'$ окружности, принадлежащие овалу.

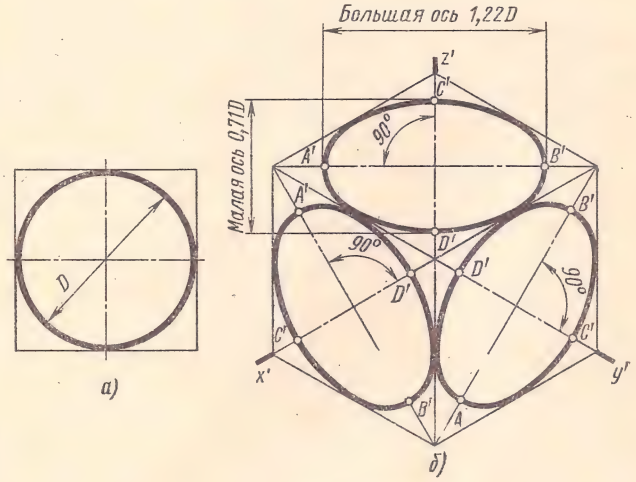


Рис. 159

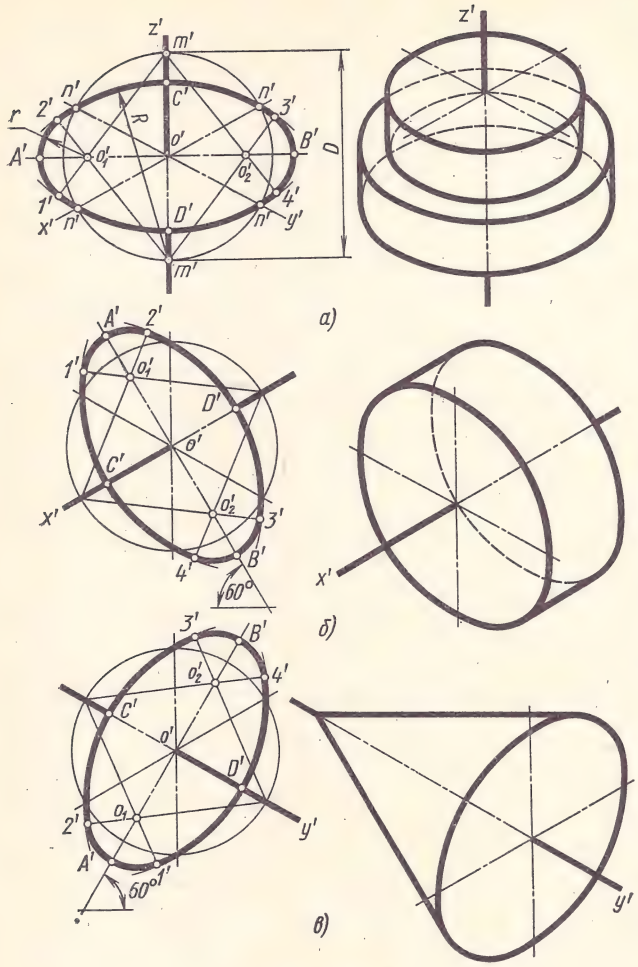


Рис. 160

Из центра o' радиусом $o'C'$, равным половине малой оси овала, засекают на большой оси овала AB точки o_1' и o_2'. Из этих точек радиусом $r = o_1'1' = o_1'2' = o_2'3' = o_2'4'$ проводят две дуги. Точки $1'$, $2'$, $3'$ и $4'$ сопряжений дуг радиусов R и r находят, соединяя точки m' с точками o_1' и o_2' и продолжая прямые до пересечения с дугами $n'C'n'$ и $n'D'n'$. Также строят овалы, расположенные в плоскостях, параллельных плоскостям V и W (рис. 160, *б* и *в*).

На рис. 160 (справа) представлены прямоугольные изометрические проекции цилиндров и конуса. На этих изображениях эллипсы заменены овалами.

Изометрия шара (рис. 161) выполняется следующим образом. Из намеченного центра o' проводят окружность диаметра, равного $1{,}22D$, это и будет изображение шара в изометрии. Если требуется построить половину, четверть или три четверти шара, то необходимо сначала вычертить два овала, большие оси которых перпендикулярны осям y' и z'. Тогда овалы и точки m' и n' пересечения этих овалов определят границы трех четвертей шара (рис. 161).

§ 6. ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Прямоугольная диметрическая проекция предмета представлена на рис. 153, *б*.

В прямоугольной диметрии ось z' — вертикальная; ось x' расположена под углом 7°10′, а ось y' — под углом 41°25′ к горизонтальной прямой.

Все отрезки прямых линий предмета, которые были параллельны осям x, y и z на комплексном чертеже, останутся параллельными соответст-

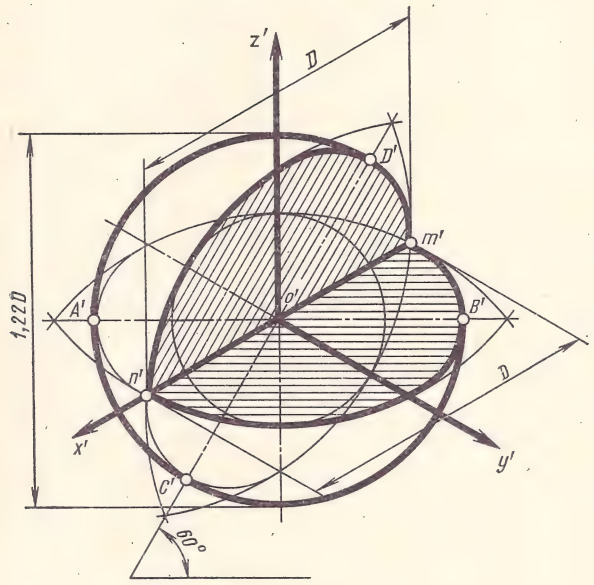


Рис. 161

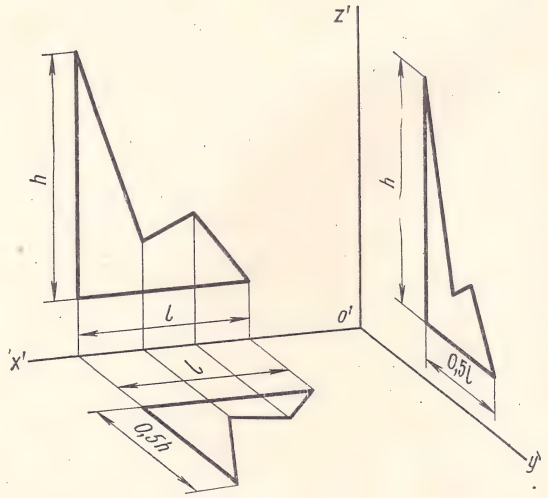


Рис. 162

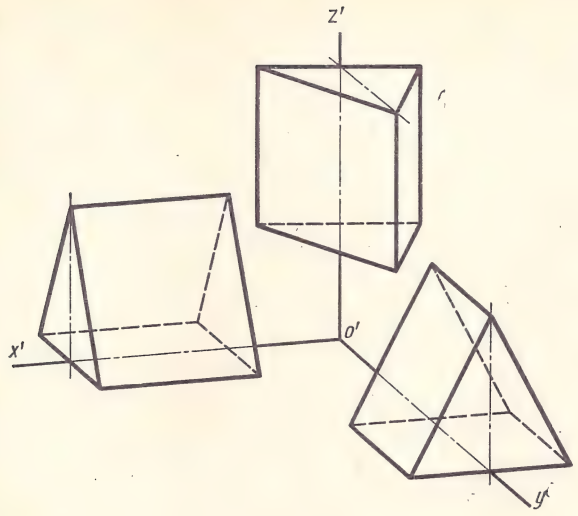


Рис. 163

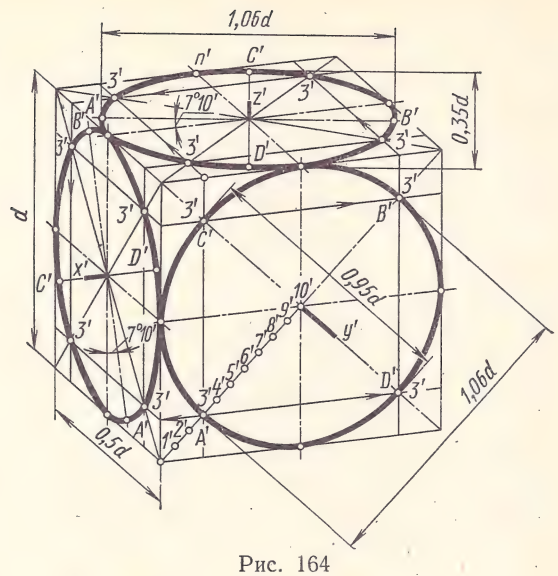


Рис. 164

вующим осям и в диметрической проекции. Длины отрезков прямых, отложенных в направлении осей x' и z', сокращаются до 0,94 действительной длины, а в направлении оси y' — до 0,47 действительной длины.

Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям x' и z' и с коэффициентом искажения 0,5 по оси y'.

Положение плоскости фигуры по отношению к осям диметрии может быть различным. На

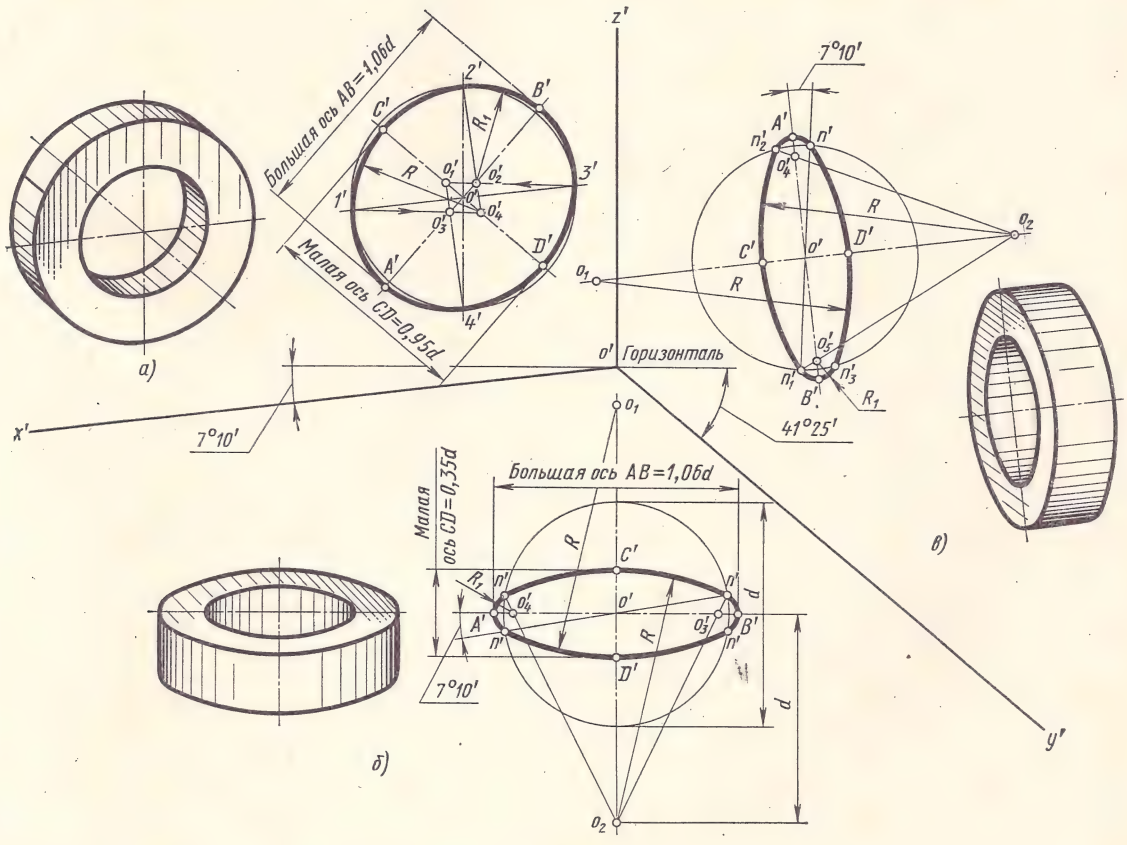


Рис. 165

рис. 162 показано, как изменяется изображение фигуры в диметрии в зависимости от того, на какой из плоскостей проекций расположена фигура. Это изменение вызывается тем обстоятельством, что при построении вершин многоугольника их координаты по оси y в диметрии сокращаются вдвое против действительной длины. Например, высота h фигуры, расположенной в плоскости H, и длина l фигуры, расположенной в плоскости W, уменьшаются в 2 раза.

На рис. 163 показано изображение трехгранной призмы в прямоугольной диметрии. Если ребра призмы параллельны оси x' или z', то размер высоты не меняется, но искажается форма основания. При расположении ребер параллельно оси y' высота призмы сокращается вдвое.

Окружности в прямоугольной диметрической проекции изображаются в виде эллипсов. Большая ось эллипсов $A'B'$ во всех случаях равна 1,06 d, где d — диаметр окружности. Малые оси $C'D'$ эллипсов, расположенных на параллелограммах куба, равны 0,35 d, а на ромбе — 0,95 d (рис. 164).

Для построения диметрической проекции окружности (эллипса), расположенной в плоскости, параллельной осям x' и z', надо разделить половину большой диагонали ромба на 10 равных частей. Эллипс должен пройти через точку 3′.

Проводя через эту точку две прямые, параллельные осям x' и z', на пересечении этих прямых с малой диагональю ромба получим еще две точки $3'$, принадлежащие эллипсу. Далее, проводя по направлению стрелок прямые, параллельные осям до пересечения с диагоналями параллелограммов, получаем точки $3'$ на остальных гранях куба.

Кроме точек $3'$, имеются еще четыре точки, через которые проходит эллипс. Эти точки расположены на серединах сторон параллелограммов (например, точка n'). Найденные точки эллипсов соединяют кривой по лекалу.

Построение эллипсов в диметрии иногда заменяется более простым построением овалов. На рис. 165 приведены примеры построения диметрических проекций, где эллипсы заменены овалами, построенными упрощенным способом. Разберем пример построения диметрической проекции окружности, расположенной параллельно плоскости V (рис. 165, $а$).

Через точку o' проводим оси, параллельные осям x' и z'. Из центра o' радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность, которая пересекается с осями в точках $1'$, $2'$, $3'$, $4'$.

Из точек $1'$ и $3'$ (по направлению стрелок) проводим горизонтальные линии до пересечения с осями $A'B'$ и $C'D'$ овала и получаем точки o_1', o_2', o_3' и o_4'. Приняв за центры точки o_1' и o_4', радиусом R проводим дуги $1'2'$ и $3'4'$. Приняв за центры точки o_2' и o_3', проводим радиусом R_1 замыкающие овал дуги.

Разберем упрощенное построение диметрической проекции окружности, лежащей в плоскости W (рис. 165, $в$).

Через намеченную точку o' проводим прямые, параллельные осям x' и z', а также большую ось овала $A'B'$ перпендикулярно малой оси $C'D'$. Из центра o' радиусом, равным радиусу данной окружности, проводим вспомогательную окружность и получаем точки n' и n_1'.

На прямой, параллельной оси x, вправо и влево от центра o' откладываем отрезки, равные диаметру вспомогательной окружности, и получаем точки o_1 и o_2. Приняв эти точки за центры, проводим радиусом $R = o_2n_1'$ дуги овалов. Соединяя точки o_2 прямыми с концами дуги $n_1'n_2'$, на линии большой оси $A'B'$ овала получим точки o_4' и o_5'. Приняв их за центры, проводим радиусом R_1 замыкающие овал дуги.

На рис. 165, $б$ показано аналогичное упрощенное построение диметрической проекции окружности, расположенной в горизонтальной плоскости проекций H. На рис. 165, $а$, $б$ и $в$ показано изображение таких овалов на диметрических проекциях деталей.

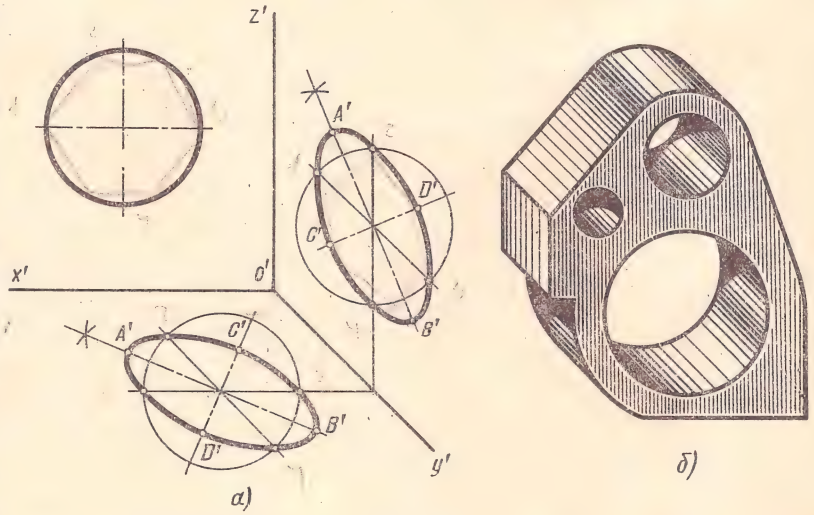


Рис. 166

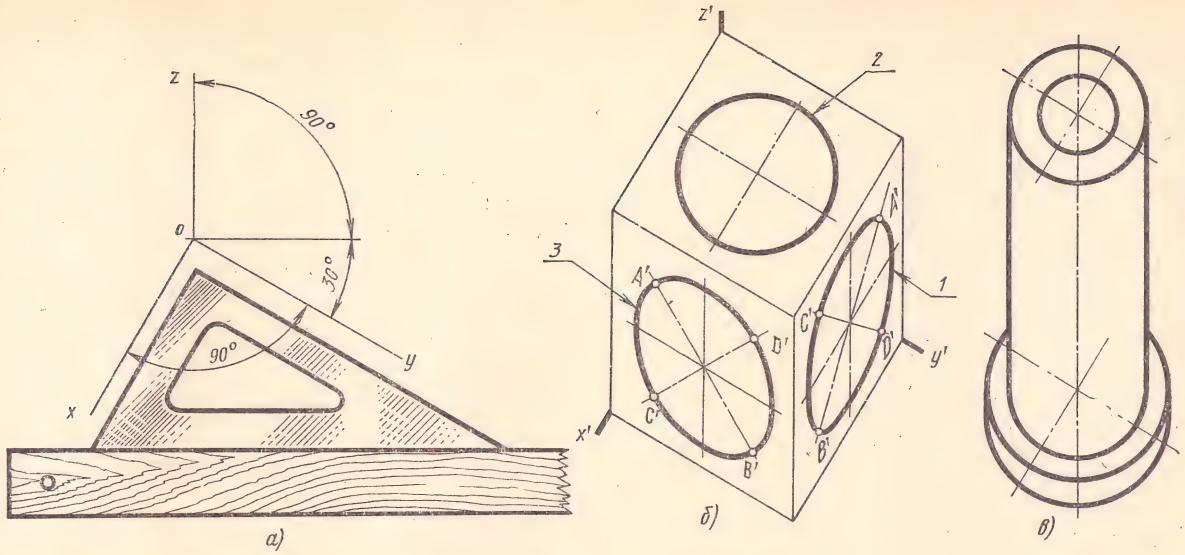


Рис. 167

§ 7. КОСОУГОЛЬНАЯ ФРОНТАЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Фронтальная изометрическая проекция характерна тем, что все линии предмета, параллельные фронтальной плоскости проекций, изображаются во фронтальной изометрической проекции без искажения, например, сторона куба *B* на рис. 153, *в*.

Положение аксонометрических осей приведено на рис. 153, *в*.

Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона оси *y'* к оси *x'* 30 и 60°. Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения линейных размеров по всем трем осям.

Окружности, расположенные в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекции *V*, проецируются на аксонометрическую плоскость в окружности того же диаметра (рис. 166, *а*). Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций *H* и *W*, проецируются в виде эллипсов.

Для построения эллипсов острые углы между прямыми, параллельными аксонометрическим осям и проходящими через центры эллипсов, делят пополам, проводя биссектрисы этих углов. Большие оси эллипсов *A'B'* направлены по биссектрисам, малые оси *C'D'* перпендикулярны большим (рис. 166, *а*).

Длина большой оси эллипса равна 1,3, а малой — 0,54 диаметра окружности.

Предмет во фронтальной изометрической проекции следует располагать по отношению к осям так, чтобы сложные плоские фигуры, окружности, дуги плоских кривых находились в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций (рис. 166, *б*). Тогда построение их упрощается, так как они изображаются без искажений.

§ 8. КОСОУГОЛЬНАЯ ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

В горизонтальной изометрической проекции линейные размеры предметов изображаются без искажения по всем трем осям. Положение аксонометрических осей этой проекции приведено на рис. 153, *г*. При построении направления осей можно пользоваться угольником с углами 30 и 60°, как показано на рис. 167, *а*.

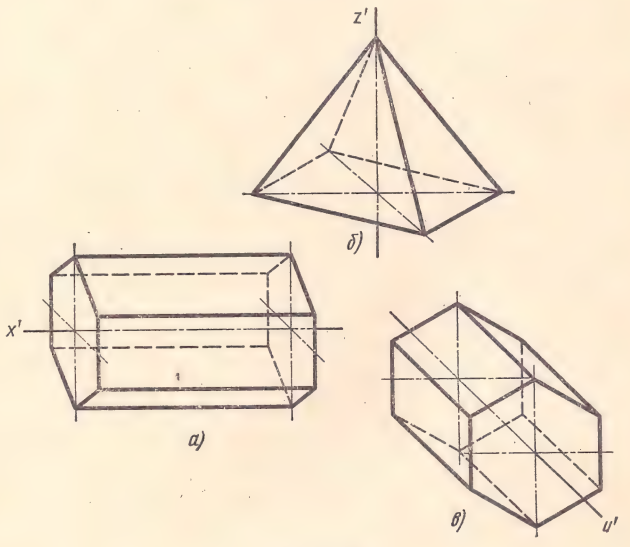


Рис. 168

Окружность, расположенная в плоскости, параллельной H, проецируется в окружность *2* того же диаметра, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных V и W, — в эллипсы *1* и *3* (рис. 167, *б*).

Большая ось эллипса *1* равна 1,37, а малая — 0,37 диаметра изображаемой окружности. Большая ось эллипса *3* равна 1,22, а малая — 0,71 диаметра окружности. Большая ось $A'B'$ направлена по биссектрисе острого угла между прямыми, параллельными осям; малая ось перпендикулярна большой.

На рис. 167, *в* изображен предмет в косоугольной горизонтальной изометрии.

§ 9. КОСОУГОЛЬНАЯ ФРОНТАЛЬНАЯ ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Положение аксонометрических осей во фронтальной диметрии одинаково с фронтальной изометрией, однако в направлении, параллельном оси y', линейные размеры сокращают вдвое (рис. 153, *д*).

Это можно видеть на рис. 168, *а* и *в*, где даны две фронтальные проекции призм. В первом случае (рис. 168, *а*) основание призмы — правильный шестиугольник — искажено, а во втором (рис. 168, *в*) изображено в действительном виде. Высота призмы в первом случае изображена без искажения, а во втором — с искажением.

Фронтальная проекция пирамиды показана на рис. 168, *б*.

Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси y' 30 и 60°.

Окружность, лежащая в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, проецируется на аксонометрическую плоскость проекций в окружность *2* того же диаметра, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных профильной и горизонтальной плоскостям проекций, — в эллипсы *1* и *3*. Большая ось AB эллипсов *1* и *3* равна 1,07, а малая ось CD — 0,33 диаметра окружности. Для упрощения построений

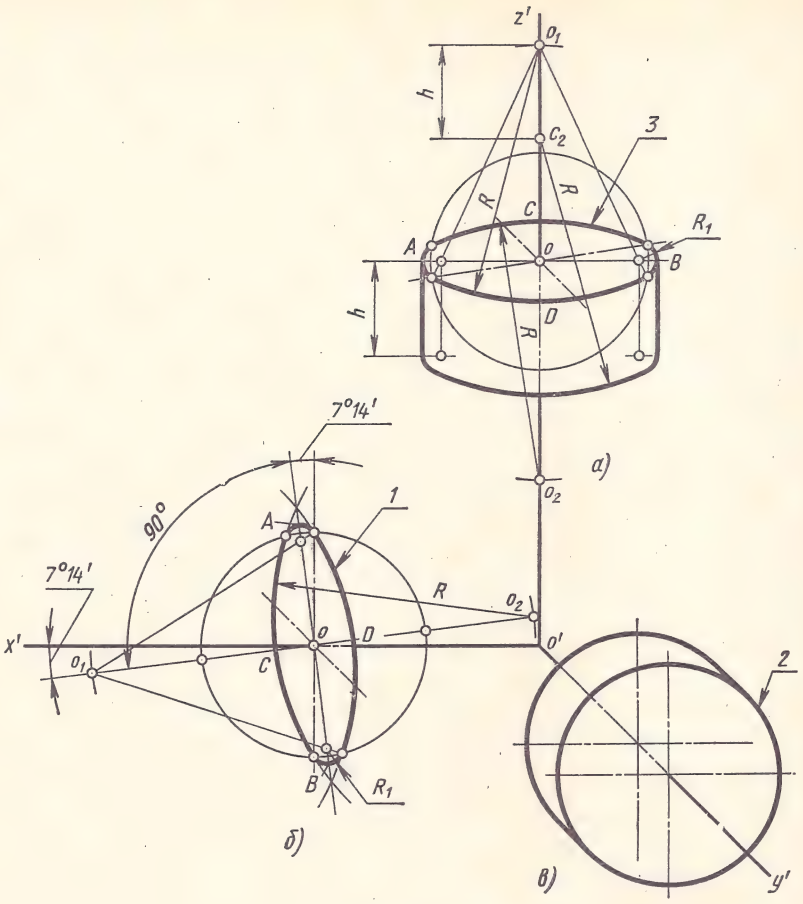


Рис. 169

эллипсы заменяют овалами (рис. 169). Упрощенное построение овалов показано на рис. 165.

Аксонометрические оси по ГОСТу 2.317—69 обозначаются упрощенно, без штрихов. В главе 11 даются дополнительные сведения об аксонометрических проекциях.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите виды аксонометрических проекций.
2. Как располагаются координатные оси в прямоугольной изометрии?
3. Каковы показатели искажения для прямоугольной диметрии?
4. Каковы показатели искажения для косоугольной фронтальной диметрии?
5. В какой последовательности строят проекции прямого кругового цилиндра в прямоугольной изометрии?

ГЛАВА 7

ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

§ 1. ФОРМЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Для того чтобы при выполнении чертежей представить себе форму детали, приходится мысленно расчленять деталь на отдельные геометрические тела.

Геометрические тела, ограниченные плоскими фигурами — многоугольниками, являются многогранниками (рис. 170, *а*). Эти плоские фигуры называются гранями, а линии их пересечения — ребрами. Угол, образованный гранями, сходящимися в одной точке — вершине, будет многогранным углом. Например, призма и пирамида — многогранники. Тела вращения ограничены поверхностями, которые получаются в результате вращения около оси какой-либо линии AB, называемой образующей (рис. 170, *б* и *в*).

В практике наиболее часто встречаются следующие тела вращения: цилиндр, конус, шар, кольцо, тор.

Детали, изображенные на рис. 171, можно расчленить на различные геометрические тела, поверхности которых пересекаются между собой по каким-либо прямым, дугам окружностей или кривым линиям. Поэтому, выполняя комплексный чертеж детали, надо твердо усвоить методы проецирования геометрических тел, а также точек и линий, расположенных на поверхности этих тел.

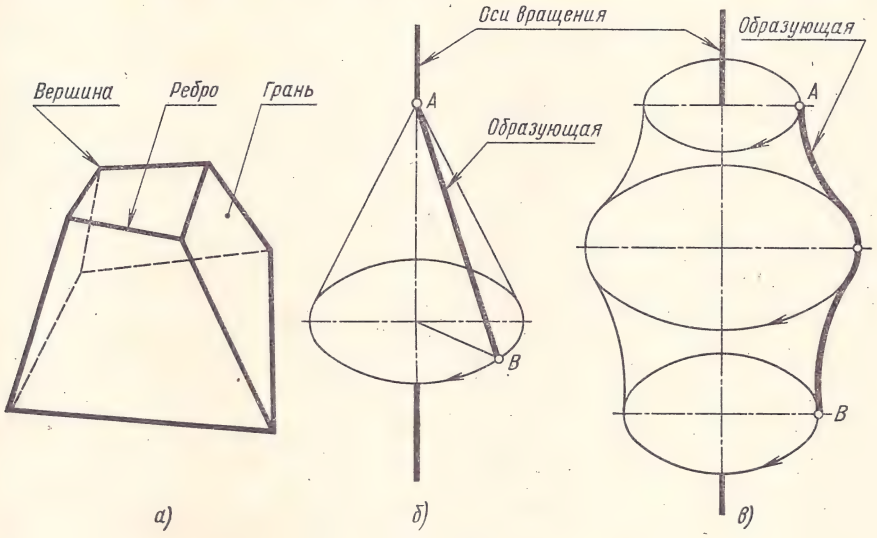


Рис. 170

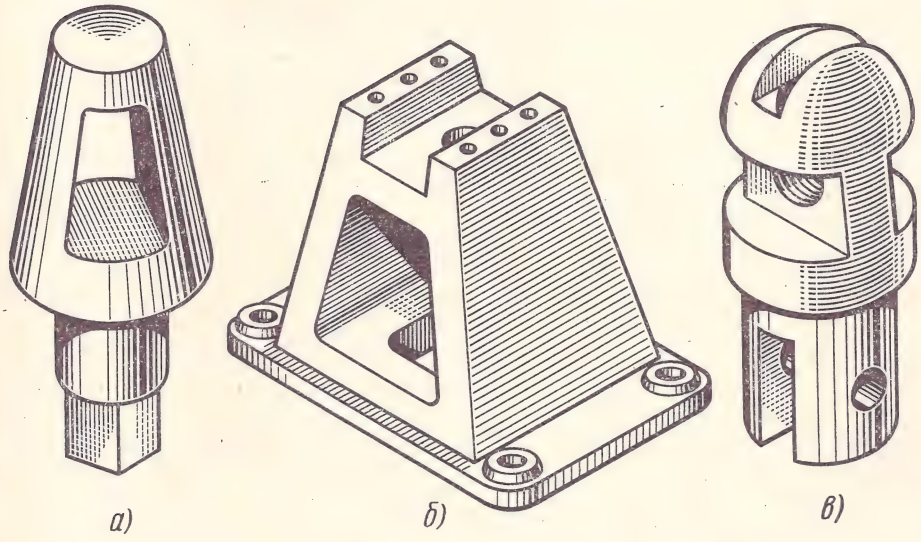


Рис. 171

§ 2. ПРОЕКЦИИ ПРИЗМ

Построение проекций правильной прямой шестигранной призмы (рис. 172) начинается с выполнения ее горизонтальной проекции — правильного шестиугольника. Из вершин этого шестиугольника проводят вертикальные линии связи и строят фронтальную проекцию нижнего основания призмы. Эта проекция изображается отрезком горизонтальной прямой. От этой прямой вверх откладывают высоту призмы и проводят фронтальную проекцию верхнего основания. Затем вычерчивают фронтальные проекции ребер — отрезки вертикальных прямых, равные высоте призмы. Фронтальные проекции передних и задних ребер совпадают. Горизонтальные проекции боковых граней изображаются в виде отрезков прямых. Средняя боковая грань *1234* изображается на плоскости *V*

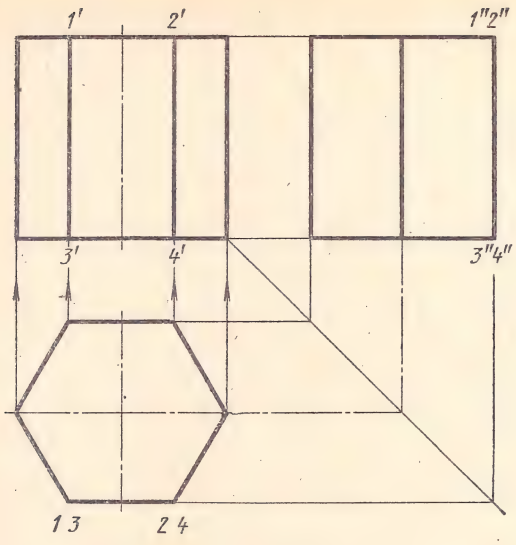


Рис. 172

в действительную величину, а на плоскости W — в виде прямой линии. Фронтальные и профильные проекции остальных граней изображаются с искажением.

Несколько сложнее построение двух проекций призмы, расположенной наклонно по отношению к плоскостям проекций.

Рассмотрим порядок построения прямоугольных (ортогональных) проекций наклонной шестигранной призмы в двух различных положениях ее по отношению к плоскости H.

1. Призма, основание которой лежит на плоскости H, наклонена к этой плоскости под углом α (рис. 173, *а*). Ребра призмы параллельны плоскости V, т. е. являются фронталями.

Вначале выполняется построение горизонтальной проекции основания призмы, которое проецируется на плоскость H в действительную величину в виде правильного шестиугольника. Фронтальная проекция основания представляет собой отрезок прямой, параллельной оси x.

Из точек $1'$—$6'$ фронтальной проекции основания проводят прямые (ребра) под углом α к оси x и на них откладывают действительную величину ребра призмы.

Строят фронтальную проекцию верхнего основания призмы в виде отрезка прямой, равного и параллельного фронтальной проекции нижнего основания.

Из точек *1*—*6* горизонтальной проекции нижнего основания проводят прямые — проекции ребер — параллельно оси x и на них при помощи вертикальных линий связи находят шесть точек— горизонтальные проекции вершин верхнего основания призмы.

2. Прямая правильная шестигранная призма наклонена под углом α к плоскости H. Основание призмы наклонено к плоскости H под углом β (рис. 173, *б*).

В этом случае необходимо вначале построить фронтальную проекцию основания. Эта проекция представляет собой отрезок, равный расстоянию между параллельными сторонами шестиугольника. Если этот отрезок разделить пополам и из его середины провести линию связи, то на ней будут расположены точки *2* и *5* — горизонтальные проекции вершин основания призмы. Расстояние между точками *2* и *5* равно расстоянию между вершинами основания призмы. Так как горизонтальные проекции *16* и *34* сторон шестиугольника представляют собой их действительные величины, то, воспользовавшись этим обстоятельством, можно построить полностью горизонтальную проекцию основания.

Дальнейший процесс построения, показанный на рис. 173, *б*, аналогичен приведенному на рис. 173, *а*. На комплексных чертежах предметов часто приходится строить проекции линий и точек, расположенных на поверхности этих тел, имея иногда только одну проекцию линии или точки.

Рассмотрим решение такой задачи. Дан комплексный чертеж четырехгранной неправильной прямой призмы и одна фронтальная проекция a' точки A (рис. 174). Прежде всего надо отыскать на комплексном чертеже две проекции поверхности, на которой расположена точка. В этом примере, как видно, точка A лежит на грани призмы *1265*. Фронтальная проекция a' точки A лежит на фронтальной проекции $1'2'6'5'$ грани призмы. Горизонтальная проекция *1526* этой грани — отрезок прямой линии. На этом отрезке и находится горизонтальная проекция a точки A. Третью проекцию призмы и точки A строят, используя линии связи.

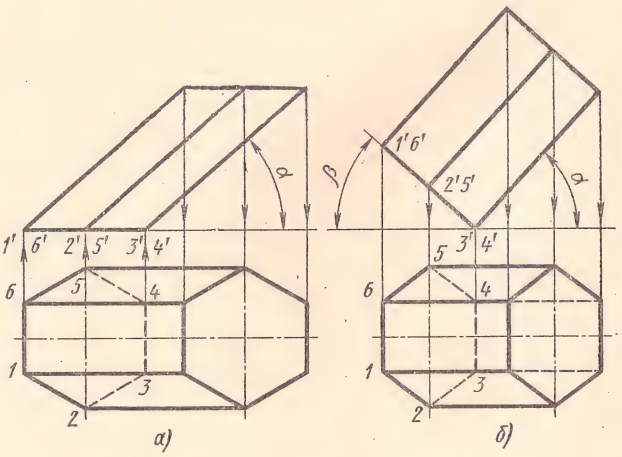


Рис. 173

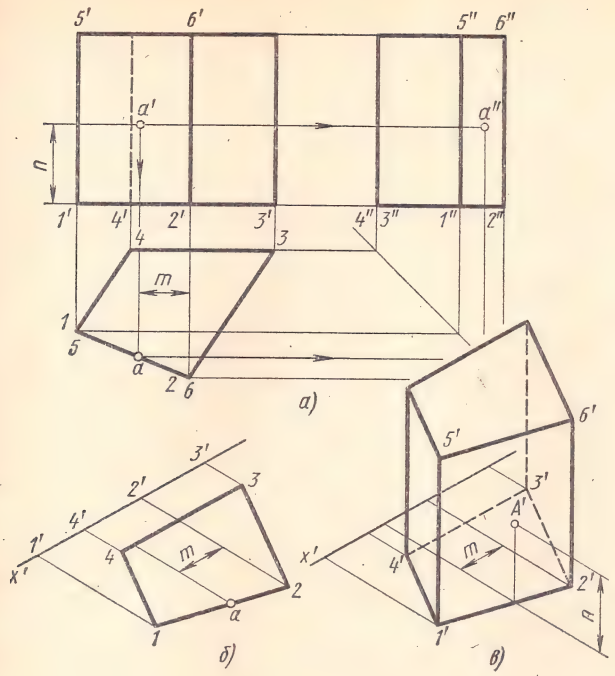


Рис. 174

По имеющемуся комплексному чертежу призмы можно выполнить ее аксонометрическую проекцию по координатам вершин. Для этого вначале строят нижнее основание призмы (рис. 174, *б*), а затем — вертикальные ребра и верхнее основание (рис. 174, *в*).

По координатам m и n точки A, взятым с комплексного чертежа, можно построить аксонометрическую проекцию этой точки.

§ 3. ПРОЕКЦИИ ПИРАМИД

Построение проекций трехгранной пирамиды начинается с построения основания, горизонтальная проекция которого представляет собой действительную величину треугольника (рис. 175, *а*). Фронтальная проекция основания — горизонтальный отрезок прямой.

Из горизонтальной проекции s вершины пирамиды проводят вертикальную линию связи, на которой от оси x откладывают высоту пирамиды и получают фронтальную проекцию s' вершины. Соединяя точку s' с точками $1'$, $2'$ и $3'$, получают фронтальные проекции ребер пирамиды.

Горизонтальные проекции ребер получают соединяя горизонтальную проекцию s вершины пирамиды с горизонтальными проекциями *1*, *2* и *3* вершин основания.

Пусть, например, дана фронтальная проекция a' точки A, расположенной на грани *1S2* пирамиды, и требуется найти две другие проекции этой точки. Для решения этой задачи проведем через a' вспомогательную прямую и продолжим ее до пересечения с фронтальными проекциями $1's'$ и $2's'$ ребер в точках n' и m'. Затем проведем из точек n' и m' линии связи до пересечения с горизонтальными проекциями *1s* и *2s* этих ребер в точках n и m. Соединив n с m, получим горизонтальную проекцию вспомогательной прямой, на которой с помощью линии связи найдем

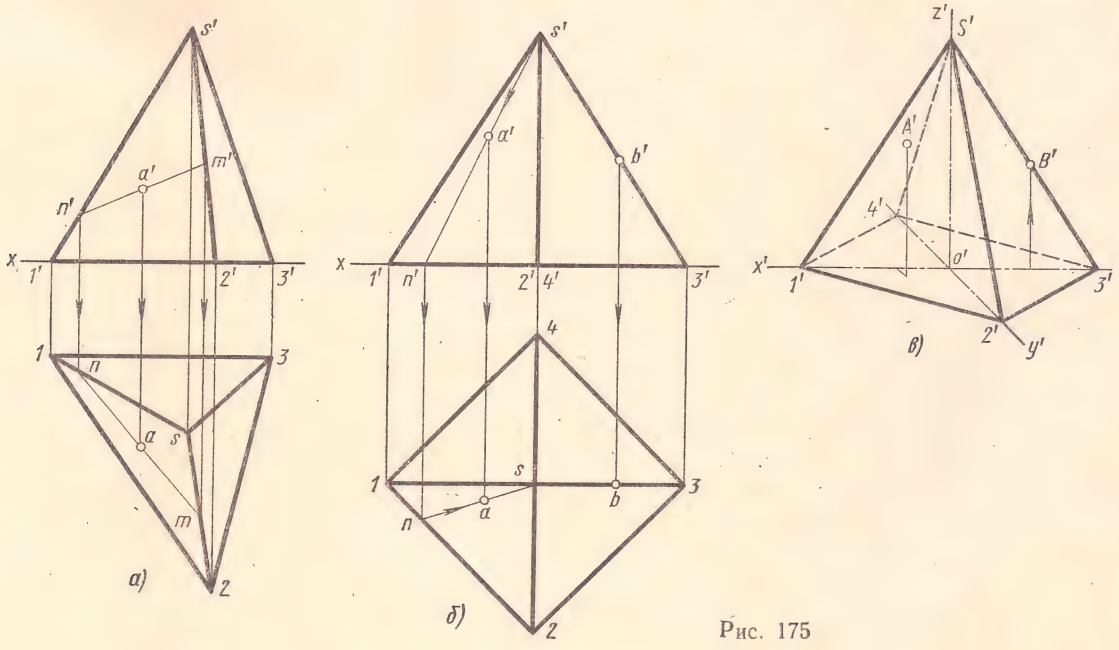


Рис. 175

искомую горизонтальную проекцию a точки A. Профильную проекцию этой точки находят обычным приемом, используя линии связи.

Второй способ решения задачи на построение двух проекций точек по одной заданной показан на рис. 175, *б* для четырехгранной правильной пирамиды. В этом случае через заданную фронтальную проекцию a' точки A проводят вспомогательную прямую, проходящую через вершину пирамиды и расположенную на ее грани. Горизонтальную проекцию ns вспомогательной прямой находят применяя линию связи. Искомая горизонтальная проекция a точки A находится на пересечении линии связи, проведенной из точки a', с горизонтальной проекцией ns вспомогательной прямой.

Фронтальная диметрическая проекция правильной четырехгранной пирамиды выполняется следующим образом (рис. 175, *в*).

Вначале строят основание, для чего по оси x' откладывают длину диагонали $1'3'$, а по оси y' — половину длины диагонали $2'4'$. Из точки пересечения диагоналей проводят прямую, параллельную оси $o'z'$, и на этой прямой откладывают высоту пирамиды. Вершину S' соединяют с вершинами основания прямыми линиями — ребрами.

Фронтальную диметрическую проекцию точки A, расположенной на грани пирамиды, строят по координатам, которые берут с комплексного чертежа. От начала координат o' по оси $o'x'$ откладывают координату x_A, из ее конца параллельно оси $o'y'$ — половину координаты y_A и из конца этой координаты параллельно оси $o'z'$ — третью координату z_A. Построение диметрии точки B более простое. От точки o' по оси $o'x'$ откладывают координату x_B и из конца ее проводят прямую, параллельную оси $o'z'$, до пересечения с ребром пирамиды в точке B'.

§ 4. ПРОЕКЦИИ ЦИЛИНДРОВ

Боковая поверхность прямого кругового цилиндра образована движением отрезка AB вокруг вертикальной оси по направляющей окружности. На рис. 176, *а* дано наглядное изображение цилиндра.

Последовательность построения горизонтальной и фронтальной проекций цилиндра показана на рис. 176, *б* и *в*.

Для упрощения построений основание цилиндра располагают параллельно горизонтальной плоскости проекций H. Построение начинают с изображения основания цилиндра, т. е. двух проекций окружности (рис. 176, *б*). Так как окружность расположена параллельно плоскости H, то она проецируется на эту плоскость

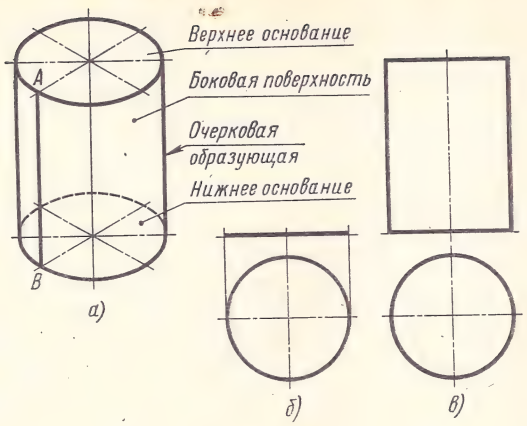


Рис. 176

без искажения. Фронтальная проекция окружности представляет собой отрезок горизонтальной прямой линии, равный диаметру окружности основания.

После построения основания на фронтальной проекции проводят две очерковые образующие и на них откладывают высоту цилиндра. Проводят отрезок горизонтальной прямой, который является фронтальной проекцией верхнего основания цилиндра (рис. 176, *в*).

Определение двух недостающих проекций точек A и B, расположенных на поверхности цилиндра, по одной заданной, например, фронтальной проекции в данном случае затруднений не вызывает, так как вся горизонтальная проекция боковой поверхности цилиндра представляет собой окружность (рис. 177). Следовательно, горизонтальные проекции точек A и B можно найти, проводя из данных точек a' и b' вертикальные линии связи до их пересечения с окружностью в искомых точках a и b.

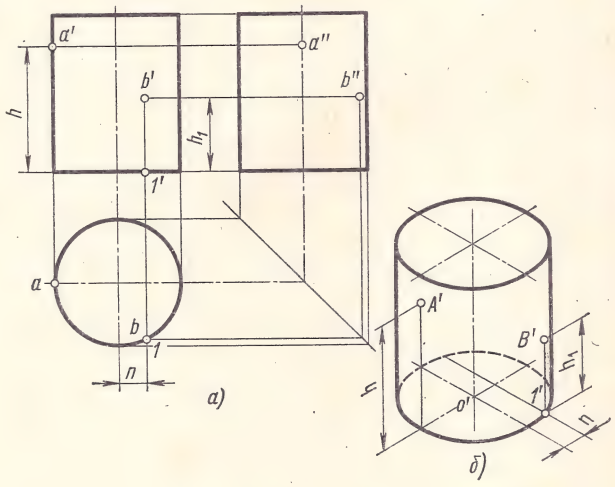


Рис. 177

Профильные проекции точек A и B строят также при помощи вертикальных и горизонтальных линий связи. По заданию точка B располагается в правой части цилиндра, следовательно, ее профильная проекция, если считать цилиндр непрозрачным, будет невидима. Изометрическую проекцию цилиндра вычерчивают, как показано на рис. 177, *б*.

Изометрию точек A и B строят по их координатам. Например, для построения точки B от начала координат o' по оси $o'x'$ откладывают координату $x_B = n$, а затем через ее конец проводят прямую, параллельную оси $o'y'$, до пересечения с овалом (основанием) в точке $1'$. Из этой точки параллельно оси $o'z'$ проводят прямую, на которой откладывают координату z_B точки B.

§ 5. ПРОЕКЦИИ КОНУСОВ

Наглядное изображение прямого кругового конуса показано на рис. 178, *а*. Боковая поверхность конуса образована вращением образующей BS около оси конуса по направляющей — окружности основания. Последовательность построения двух проекций конуса показана на рис. 178, *б* и *в*. Предварительно строят две проекции основания. Горизонтальная проекция основания — окружность. Если предположить, что основание конуса лежит на плоскости, параллельной плоскости H, то фронтальной проекцией основания будет отрезок прямой, равный диаметру этой окружности (рис. 178, *б*). На фронтальной проекции из середины основания восставляют перпендикуляр и на нем откладывают высоту конуса (рис. 178, *в*). Полученную фронтальную проекцию вершины конуса соединяют прямыми с концами фронтальной проекции основания и получают фронтальную проекцию конуса.

Если на поверхности конуса задана одна проекция точки A (например, фронтальная проекция a' на рис. 179, *а*), то две другие проекции этой

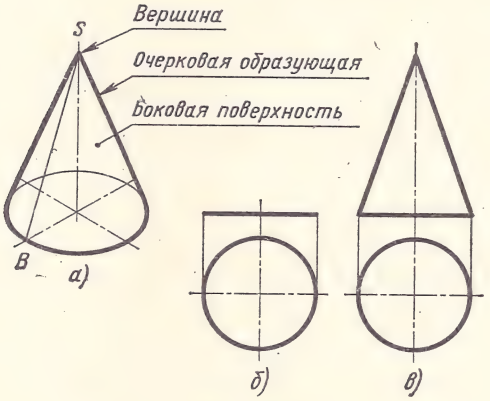


Рис. 178

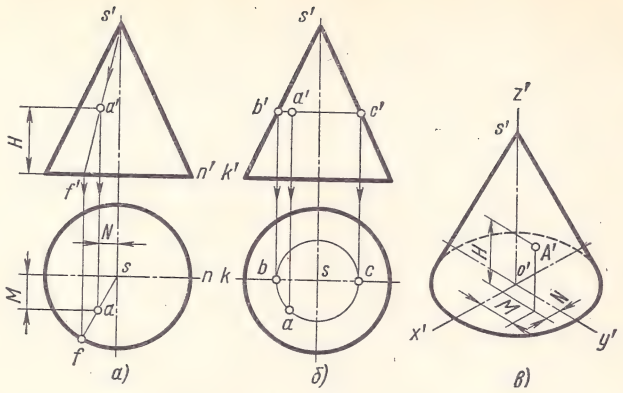


Рис. 179

точки определяют с помощью вспомогательных линий, расположенных на поверхности конуса и проведенных через точку A.

Такими линиями могут быть образующая конуса или окружность.

В первом случае (рис. 179, *а*) проводят фронтальную проекцию $s'a'f'$ вспомогательной образующей. Пользуясь вертикальной линией связи, проведенной из точки f', расположенной на фронтальной проекции окружности основания, находят горизонтальную проекцию saf этой образующей, на которой при помощи линии связи, проходящей через a', находят искомую точку a.

Во втором случае (рис. 179, *б*) вспомогательной линией, проходящей через точку A, будет окружность, расположенная на конической поверхности и параллельная плоскости H. Фронтальная проекция этой окружности изображается в виде отрезка горизонтальной прямой. Искомая горизонтальная проекция a точки A находится на пересечении линии связи, опущенной из точки a' с горизонтальной проекцией вспомогательной окружности.

Если заданная фронтальная проекция b' точки B расположена на контурной (очерковой) образующей SK, то горизонтальная проекция точки находится без вспомогательных линий.

Изометрию точки A, находящейся на поверхности конуса, строят по трем координатам точки (рис. 179, *в*): $x_A = N$, $y_A = M$ и $z_A = H$. Эти координаты последовательно откладывают по направлениям, параллельным изометрическим осям. В рассматриваемом примере от начала координат o' по оси $o'x'$ отложена координата $x_A = N$; из конца ее параллельно оси $o'y'$ проведена прямая, на которой отложена координата $y_A = M$; из конца отрезка, равного M, параллельно оси oz' проведена прямая, на которой отложена координата $z_A = H$. В результате построений получим искомую изометрическую проекцию точки A.

§ 6. ПРОЕКЦИИ ШАРА

На рис. 180, *а* показано наглядное изображение полушара, сферическая поверхность которого образована вращением четверти окружности AB вокруг радиуса AO.

Проекции полушара приведены на рис. 180, *б*. Горизонтальная проекция — окружность радиуса, равного радиусу сферы, а фронтальная — полуокружность того же радиуса.

Если точка A расположена на сферической поверхности (рис. 180, *в*), то вспомогательная линия, проводимая через точку, должна быть окружностью, расположенной в плоскости, параллельной какой-либо плоскости проекции (в данном случае в плоскости, параллельной плоскости H). На горизонтальной проекции вспомогательной окружности, где она изобразится в действительном виде, находят используя линию связи, искомую горизонтальную проекцию a точки A.

Величина диаметра вспомогательной окружности равна фронтальной проекции $b'c'$.

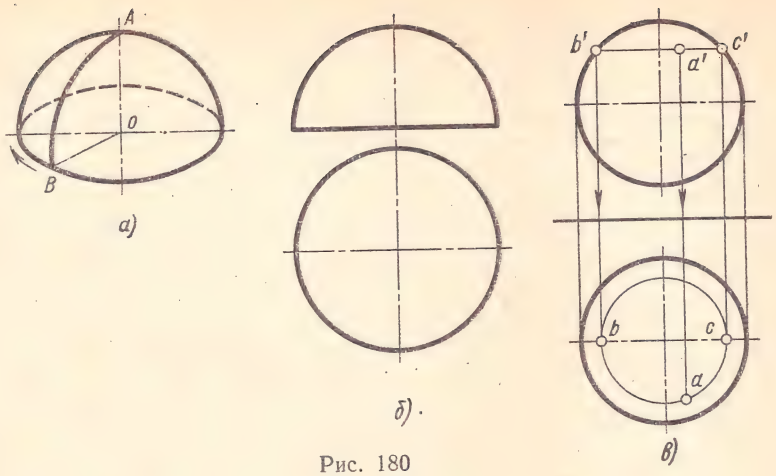


Рис. 180

§ 7. ПРОЕКЦИИ КОЛЬЦА И ТОРА

Поверхность кругового кольца (рис. 181, *а*) образована вращением образующей окружности $ABCD$ вокруг оси oo, по направляющей окружности радиуса R.

Круговое кольцо или открытый тор имеет горизонтальную проекцию в виде двух концентрических окружностей, разность радиусов которых равна толщине кольца или диаметру образующей окружности (рис. 181, *б*). Фронтальная проекция ограничивается справа и слева дугами полуокружностей диаметра образующей окружности.

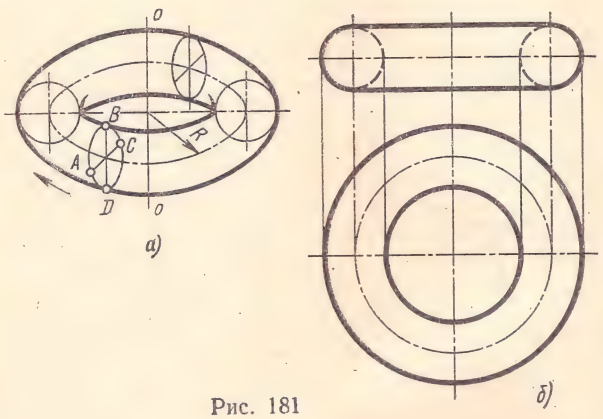


Рис. 181

Тор — поверхность, образованная вращением части окружности, называемой образующей, вокруг оси oo, расположенной в плоскости этой окружности и не проходящей через ее центр.

На рис. 182, *а* и *б* приведены два вида тора. В первом случае образующая дуга окружности радиуса R имеет длину меньше половины окружности, а во втором случае (рис. 182, *б*) — больше полуокружности. В обоих случаях фронтальные проекции тора представляют собой действительный вид двух образующих дуг окружности радиуса R, расположенных симметрично по отношению к фронтальной проекции оси вращения. Профильными проекциями тора будут окружности.

В случае, когда точка A лежит на поверхности кругового кольца и дана одна ее проекция, для

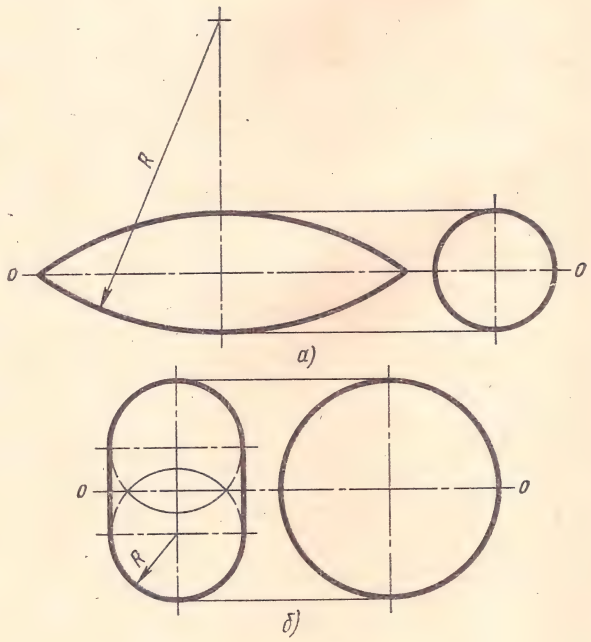


Рис. 182

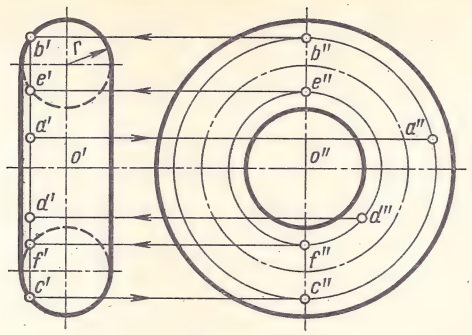


Рис. 183

нахождения второй проекции этой точки применяются вспомогательные окружности, проходящие через данную точку A и расположенные на поверхности кольца в плоскости, перпендикулярной оси кольца (рис. 183).

Если задана фронтальная проекция a' точки A, лежащей на поверхности кольца, то для нахождения ее второй проекции (в данном случае — профильной) через a' проводят фронтальную проекцию вспомогательной окружности — отрезок вертикальной прямой линии $b'c'$. Затем строят профильную проекцию $b''c''$ этой окружности и на ней, используя линию связи, находят точку a''.

Если задана профильная проекция d'' точки D, расположенной на поверхности этого кольца, то для нахождения фронтальной проекции точки D через d'' проводят профильную проекцию вспомогательной окружности радиуса $o''d''$. Затем через верхнюю и нижнюю точки $e''f''$ этой окружности проводят горизонтальные линии связи до пересечения с фронтальными проекциями образующей окружности радиуса r и получают точки e' и f'. Эти точки соединяют вертикальной прямой, которая представляет собой фронтальную проекцию вспомогательной окружности (она будет невидима). Проводя горизонтальную линию связи из точки d'' до пересечения с прямой $e'f'$, получаем искомую точку d'.

Такие же приемы построения применимы и для точек, находящихся на поверхности тора.

§ 8. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА КАК ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛЕЙ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Геометрические тела могут быть сплошными и полыми с отверстиями, выемками и т. д. Пример наглядного изображения геометрического тела — трехгранной прямой призмы со сквозным отверстием цилиндрической формы — показан на рис. 184, *а*. Комплексный чертеж этой призмы выполнен на рис. 184, *б*.

Построение начинают с фронтальной проекции, где оба основания призмы совпадают и изображаются равносторонним треугольником. Цилиндрическое отверстие изображается в виде окружности.

Далее строят горизонтальную и профильную проекции призмы. На этих двух проекциях цилиндрическое отверстие показано линиями невидимого контура, т. е. штриховыми.

В рассмотренном примере геометрическое тело имело вырез несложной формы, и построение

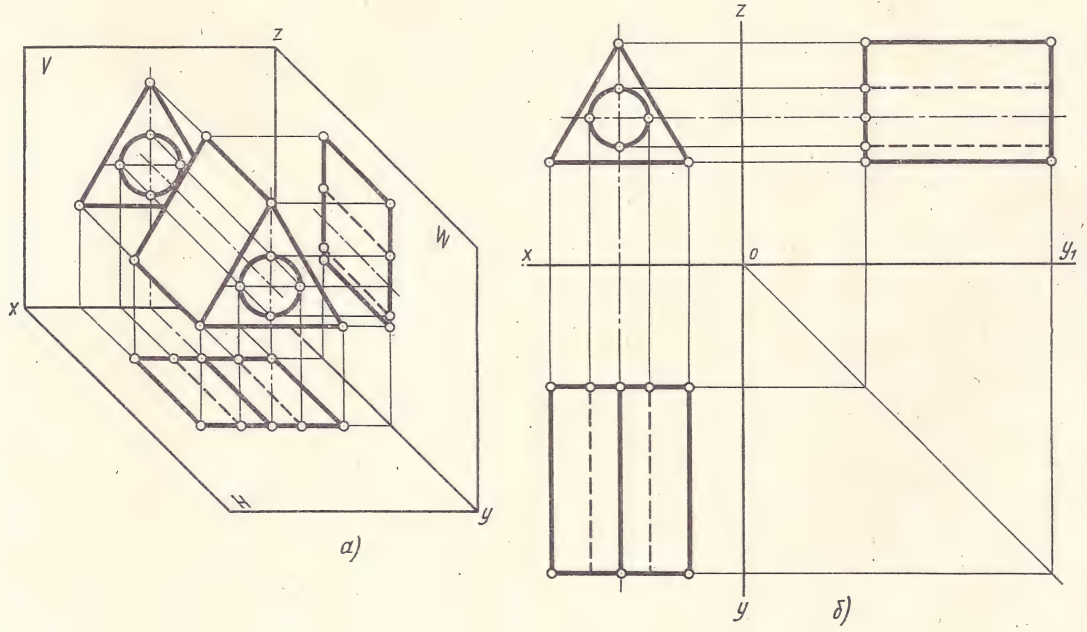


Рис. 184

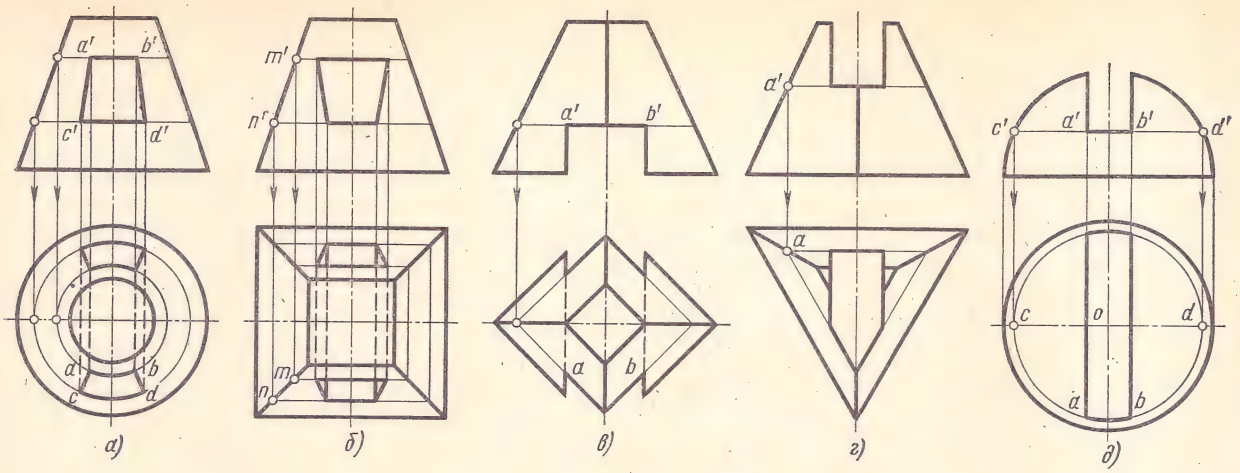


Рис. 185

проекций этой модели особых затруднений не вызывало. В практике часто встречаются детали машин со сложными отверстиями и вырезами, построение которых на чертежах требует особых приемов.

Примеры таких деталей были представлены на рис. 171. Все они состоят из сочетания элементов геометрических тел и поверхностей. В этих деталях имеются отверстия различной формы, ограниченные геометрическими поверхностями. Проекции контуров этих отверстий строят при помощи характерных точек, которые в дальнейшем соединяют линиями.

Рассмотренные выше примеры построения проекций точек, расположенных на разных геометрических телах и поверхностях, достаточно полно поясняют методы и приемы этих построений.

Надо заметить, что если плоские поверхности отверстий располагаются параллельно основанию геометрического тела, то для определения проекций характерных точек контуров отверстий очень удобно применять вспомогательные прямые и фигуры — многоугольники или окружности, лежащие в плоскостях, параллельных основанию.

Примеры таких построений показаны на рис. 185. Применение вспомогательных окружностей можно видеть на рис. 185, *а* и *д*. На рис. 185, *б*, *в* и *г* показано применение вспомогательных многоугольников.

На рис. 171, *а* было дано наглядное изображение детали — пробки крана. Для выполнения чертежа этой детали нужно сделать построение отверстия в форме трапеции, для чего необходимо уметь строить проекции линий, расположенных на конической поверхности (рис. 185, *а*).

В данном примере линии AB и CD представляют собой дуги окружностей. Горизонтальные проекции этих дуг строят следующим образом. Фронтальные проекции дуг продолжают до пересечения с контурными (очерковыми) образующими. Радиусами, равными радиусу дуг, на плоскости H проводят окружности, на которых, пользуясь линиями связи, находят искомые горизонтальные проекции точек A, B, C и D.

Вторая деталь — станина (рис. 171, *б*) — ограничена поверхностью усеченной четырехгранной пирамиды. Сбоку станины имеется сквозной вырез трапецеидальной формы, который можно построить на чертеже, используя приемы построения, показанные на рис. 185, *б*. В этом случае применяют вспомогательные четырехугольники, плоскости которых параллельны основанию пирамиды. Фронтальные проекции горизонтальных плоскостей выреза должны быть продолжены до встречи с каким-либо ребром пирамиды в точках m' и n'. Горизонтальные проекции m и n этих точек находят, применяя линии связи, на горизонтальной проекции ребра. Затем из точек m и n проводят горизонтальные линии и, проводя вертикальные линии связи до пересечения с этими линиями, получают точки, определяющие горизонтальную проекцию выреза (рис. 185, *б*).

Этот способ построения используется и для нахождения проекций вырезов у пирамид, изображенных на рис. 185, *в* и *г*.

Третья деталь — тяга (рис. 171, *в*) — имеет вверху вырез в шаре. В этом случае проекции дуг окружностей строят подобно построению проекций дуги AB на рис. 185, *д*. Так как эта дуга окружности расположена в горизонтальной плоскости, то фронтальная проекция дуги будет отрезком прямой линии $a'b'$, а горизонтальная проекция представляет собой дугу окружности радиуса, равного половине отрезка $c'd'$.

§ 9. ПОСТРОЕНИЕ И ЧТЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ МОДЕЛЕЙ

Построение проекций геометрических тел, имеющих отверстия и вырезы, — очень полезные упражнения не только на составление, но и на чтение комплексных чертежей. Особенно важно усвоить построение третьей проекции по двум заданным. Рекомендуется самостоятельно построить по две проекции нескольких моделей с натуры, а третью проекцию построить не глядя на модель, используя свое пространственное воображение и применяя линии связи проекций. Без таких упражнений нельзя освоить и чтение готовых комплексных чертежей.

Прочитать чертеж — это значит иметь вполне ясное представление о геометрических формах модели. При чтении чертежа обязательно использование всех данных проекций. На рис. 186, *а* изображена модель, а на рис. 186, *б* и *в* — две проекции этой модели. Если рассматривать только одну данную проекцию (рис. 186, *б*), то вторую проекцию модели, например профильную, можно представить себе в виде самых разнообразных фигур (рис. 187, *а*, *б* и *в*).

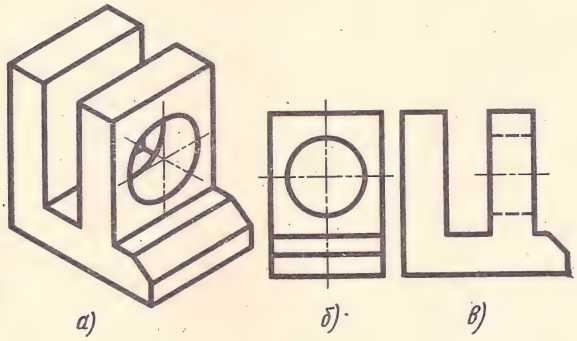


Рис. 186

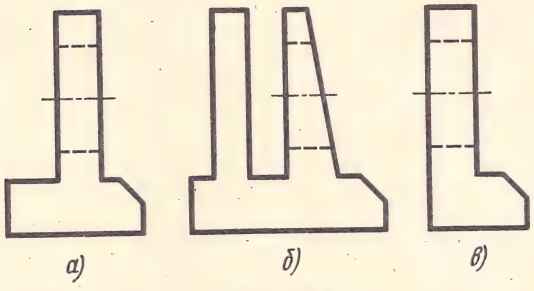


Рис. 187

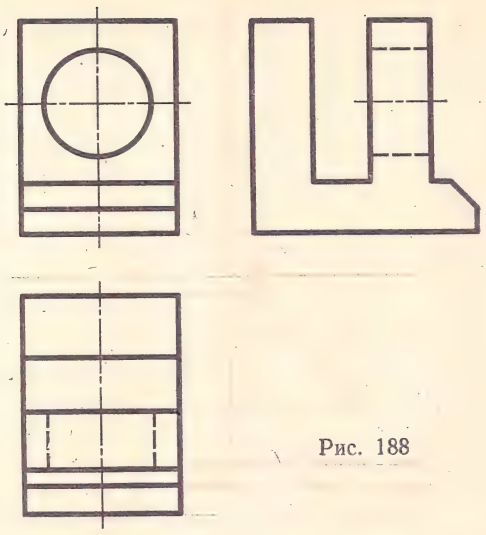


Рис. 188

Если же читать чертеж, рассматривая одновременно обе проекции (рис. 186, *б* и *в*), то в воображении можно представить себе лишь такую форму модели, которая изображена на рис. 186, *а*.

Убедиться, правильно ли решена задача, можно, вычертив третью проекцию модели (рис. 188).

При построении третьей проекции модели по двум данным следует мысленно разделить модель на элементарные геометрические тела и представить себе, как эти тела будут изображаться в отсутствующей третьей проекции. После этой подготовки можно приступить к построению третьей проекции модели, вычерчивая ее постепенно, в порядке возрастания сложности отдельных геометрических элементов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В какой последовательности строят проекции прямого кругового цилиндра и правильной шестигранной призмы, основания которых расположены на фронтальной плоскости проекций?
2. Какими приемами определяют недостающие проекции точек, лежащих на поверхностях конуса, шара и тора?

ГЛАВА 8

СЕЧЕНИЕ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ И РАЗВЕРТКИ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. ПОНЯТИЕ О СЕЧЕНИЯХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Плоское сечение геометрического тела представляет собой плоскую фигуру, ограниченную замкнутой линией, все точки которой принадлежат как секущей плоскости, так и поверхности тела.

При пересечении плоскостью многогранника (например, призмы, пирамиды и др.) в сечении получается многоугольник с вершинами, расположенными на ребрах многогранника. При пересечении плоскостью тел вращения (цилиндра, конуса и др.) фигура сечения ограничена кривой линией. Точки этой кривой находят при помощи вспомогательных линий — прямых или окружностей, взятых на поверхности тела. Точки пересечения этих линий с секущей плоскостью будут искомыми точками контура криволинейного сечения.

При выполнении чертежей деталей машин нередко встречаются задачи на построение проекций таких сечений. Кроме того, на чертежах приходится выполнять построение разверток поверхностей деталей, усеченных плоскостью. Это необходимо для раскроя листового материала, из которого изготовляются детали. К таким деталям относятся части трубопроводов, вентиляционных устройств, кожухов машин, ограждений станков и др. (рис. 189, *а*, *б*).

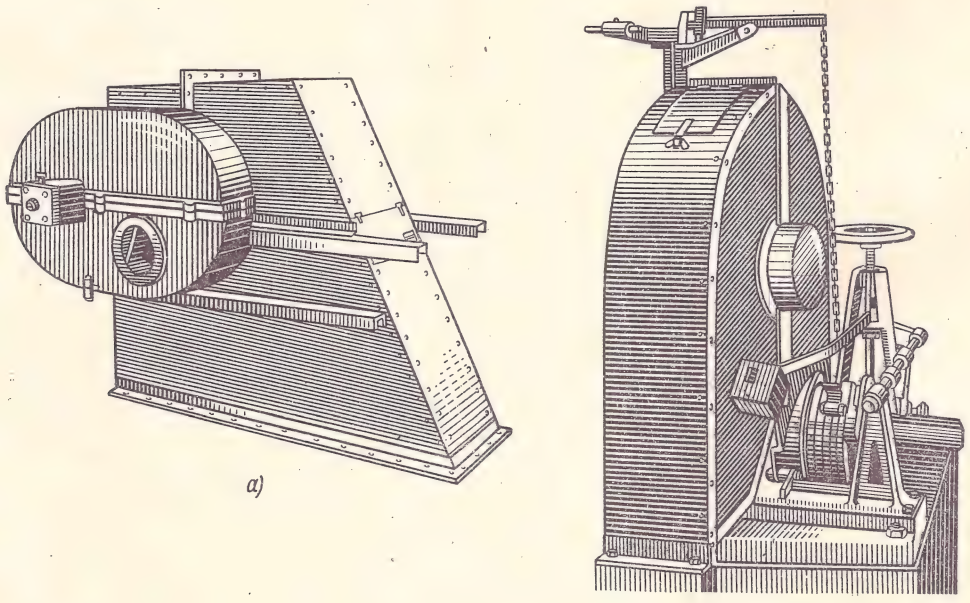
Решение задач на построение прямоугольных и аксонометрических проекций усеченных тел, а также построение действительного вида сечений и разверток поверхностей этих тел имеют большое значение для усвоения основ проекционного черчения.

Простейший пример плоского сечения геометрического тела — куба, лежащего на горизонтальной плоскости проекций H, показан на рис. 190.

В первом случае (рис. 190, *а*) куб усечен фронтально-проецирующей плоскостью P. Фигурой сечения является прямоугольник. Для большей наглядности фигура сечения может быть заштрихована.

При построении двух проекций такого сечения (рис. 190, *б*) следует иметь в виду, что фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом секущей плоскости P_V. Горизонтальная проекция фигуры сечения справа ограничена прямой, по которой плоскость P пересекается с плоскостью верхнего основания куба.

Во втором случае (рис. 190, *в*) куб усечен горизонтально-проецирующей плоскостью P. Фигура сечения — прямоугольник.



а) *б)*

Рис. 189

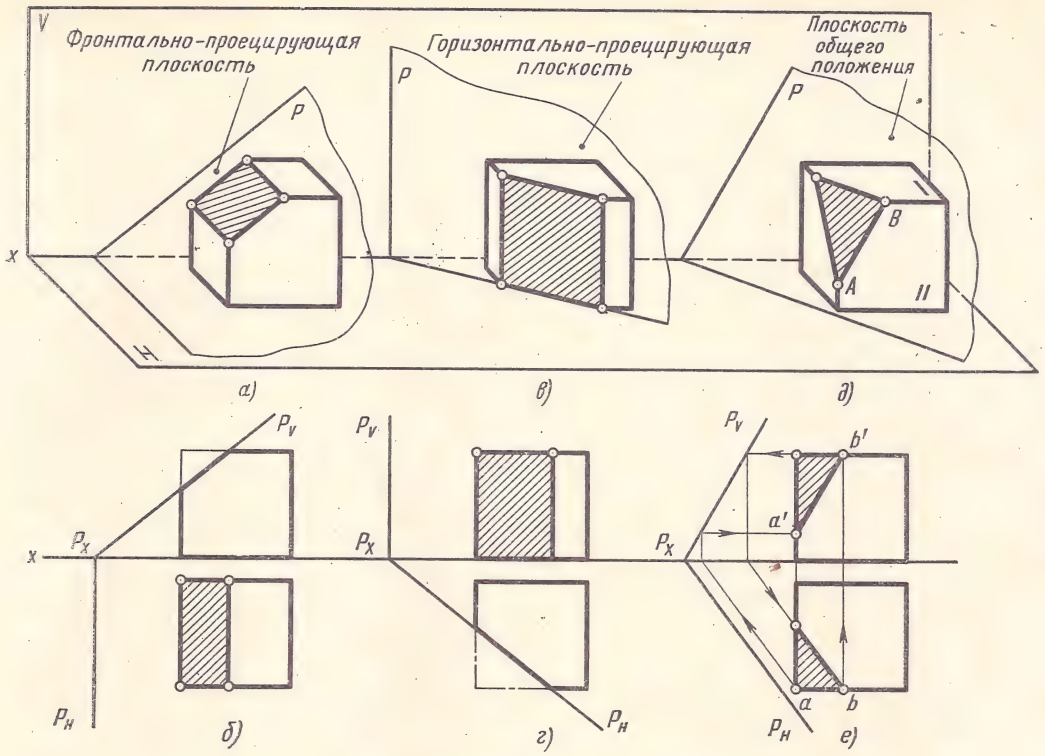


Рис. 190

На рис. 190, *г* приведено построение проекций этого сечения. Горизонтальная проекция фигуры сечения совпадает с горизонтальным следом P_H секущей плоскости, фронтальной проекцией сечения будет прямоугольник, одной стороной которого является линия пересечения плоскости P с плоскостью передней грани куба.

Если куб усечен плоскостью общего положения (рис. 190, *д*), то полученная фигура сечения, лежащая в этой плоскости (треугольник), проецируется на все три плоскости проекций с искажением.

В данном случае проекции фигуры сечения (рис. 190, *е*) строят по точкам — вершинам треугольника, которые находят при помощи вспомогательных прямых, проходящих через искомые точки и проведенных в секущей плоскости.

Например, проекции точки A — вершины треугольника сечения, лежащей на переднем левом ребре куба, находят следующим образом. Ввиду того, что горизонтальная проекция этого ребра — точка, то и горизонтальная проекция вершины треугольника a совпадает с этой точкой. Через точку A проводим горизонталь в плоскости P (горизонтальная проекция горизонтали должна пройти через точку a и быть параллельной горизонтальному следу P_H секущей плоскости). Проводя вертикальную линию через точку a до пересечения с фронтальной проекцией горизонтали (она будет параллельна оси x), найдем фронтальную проекцию a' точки A.

Проекции второй вершины треугольника сечения (точки B) определяются таким образом. Точка B одновременно расположена на верхней грани I и на передней грани II куба (рис. 190, *д*), поэтому и проекции этой точки на комплексном чертеже (рис. 190, *е*) находятся на соответствующих проекциях граней I и II. Грань I на плоскости V изображается отрезком горизонтальной прямой. На этой прямой, очевидно, будет расположена фронтальная проекция b' искомой точки B.

Продолжив этот отрезок и приняв его за горизонталь плоскости, проходящей через точку B, найдем горизонтальную проекцию горизонтали, на пересечении которой с горизонтальной проекцией грани II найдем горизонтальную проекцию b точки B. Линия связи, проведенная через точку b до пересечения с фронтальной проекцией горизонтали, дает фронтальную проекцию b'. Проекции фигур сечения заштриховывают параллельными тонкими линиями под углом 45° к горизонтали.

§ 2. СЕЧЕНИЕ ПРИЗМЫ ПЛОСКОСТЬЮ

Фигура сечения прямой пятигранной призмы фронтально-проецирующей плоскостью P (рис. 191, *а* и *б*) представляет собой плоский пятиугольник *1 2 3 4 5*.

Для построения проекций фигуры сечения выполняют следующие построения. Находят проекции точек пересечения плоскости P с ребрами призмы и соединяют их прямыми линиями. Фронтальные проекции этих точек получаются при пересечении фронтальных проекций ребер призмы со следом P_V плоскости P (точки *1′—5′*).

Горизонтальные проекции точек пересечения *1—5* совпадают с горизонтальными проекциями ребер. Имея две проекции этих точек, с помощью линий связи находят профильные проекции *1″—5″*. Полученные точки *1″—5″* соединяют прямыми линиями и получают профильную проекцию фигуры сечения.

Действительную величину фигуры сечения можно определить любым из способов: вращения, совмещения или перемены плоскостей проекций (см. ч. III, гл. 5).

В данном примере (рис. 191, *а*) применен способ перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой H_1, причем ось x_1 совпадает с фронтальным следом плоскости P.

Для нахождения новой горизонтальной проекции какой-либо точки фигуры сечения (например, точки *1*) необходимо выполнить следующие построения. Из точки *1′* восставляют перпендикуляр к новой оси x_1 и откладывают на нем расстояние от прежней оси x до прежней горизонтальной проекции точки *1*, т. е. отрезок n. В результате получают точку 1_1. Так же находят и новые горизонтальные проекции точек *2—5*. Соединив прямыми линиями новые горизонтальные проекции 1_1—5_1, получают действительную величину фигуры сечения.

Разверткой называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью (без наложения граней или иных элементов поверхности друг на друга).

Развертку боковой поверхности с основанием и фигурой сечения призмы строят следующим образом. Проводят прямую, на которой откладывают пять отрезков, равных длине стороны пятиугольника, лежащего в основании призмы. Из полученных точек проводят перпендикуляры, на которых откладывают действительные длины ребер усеченной призмы, беря их с фронтальной или профильной проекций.

К развертке боковой поверхности пристраивают фигуру нижнего основания — пятиугольник и фигуру сечения. При этом используют

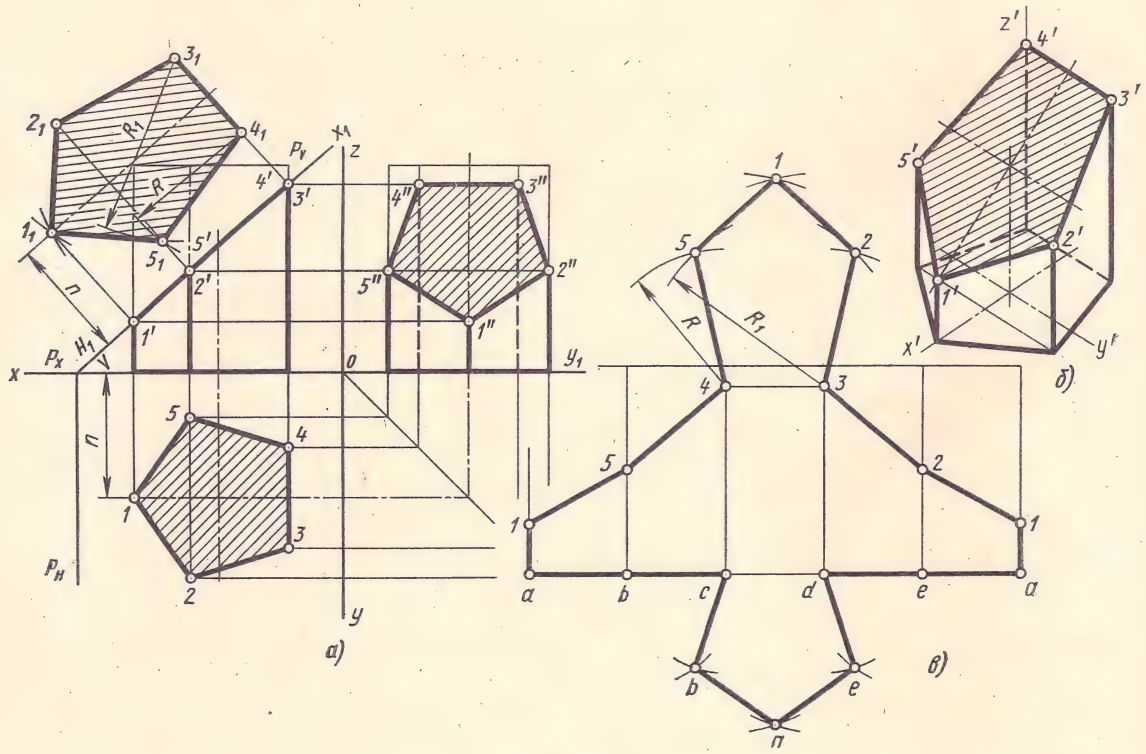


Рис. 191

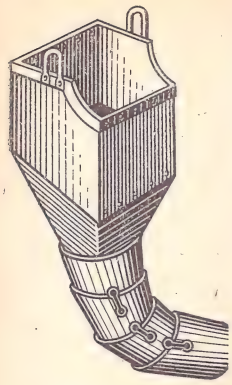


Рис. 192

метод триангуляции (см. рис. 61) или метод координат, известный из геометрического черчения. На рис. 191, *а* и *в* показано построение вершины *5* методом триангуляции. Линии сгиба показывают на развертке тонкой линией по ГОСТу 2. 303—68.

Для наглядности полезно выполнить построение усеченного тела в аксонометрической проекции. На рис. 191, *б* построена изометрическая проекция усеченной призмы. Порядок построения изометрической проекции следующий. Строят изометрическую проекцию основания призмы; проводят в вертикальном направлении линии ребер, на которых от основания откладывают их действительные длины, взятые с фронтальной или профильной проекций призмы. Полученные точки *1′—5′* соединяют прямыми линиями.

На рис. 192 показана воронка транспортера, верхняя часть которой представляет собой усеченную четырехгранную призму. Для изготовления воронки необходимо построить развертку ее поверхности.

§ 3. СЕЧЕНИЕ ЦИЛИНДРА ПЛОСКОСТЬЮ

Построение плоского сечения прямого кругового цилиндра аналогично построению плоского сечения призмы, так как прямой круговой цилиндр можно рассматривать как прямую призму с бесчисленным количеством ребер — образующих цилиндра.

На рис. 193, *а* даны три проекции прямого кругового цилиндра, пересеченного фронтально-проецирующей плоскостью *P*.

Из комплексного чертежа видно, что плоскость *P* пересекает не только боковую поверхность, но и левое основание цилиндра. Как известно, плоскость, расположенная под углом к оси цилиндра, пересекает его по эллипсу. Следовательно, фигура сечения в данном случае представляет собой часть эллипса.

Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом P_V плоскости *P*. Профильная проекция этой фигуры совпадает с профильной проекцией основания цилиндра.

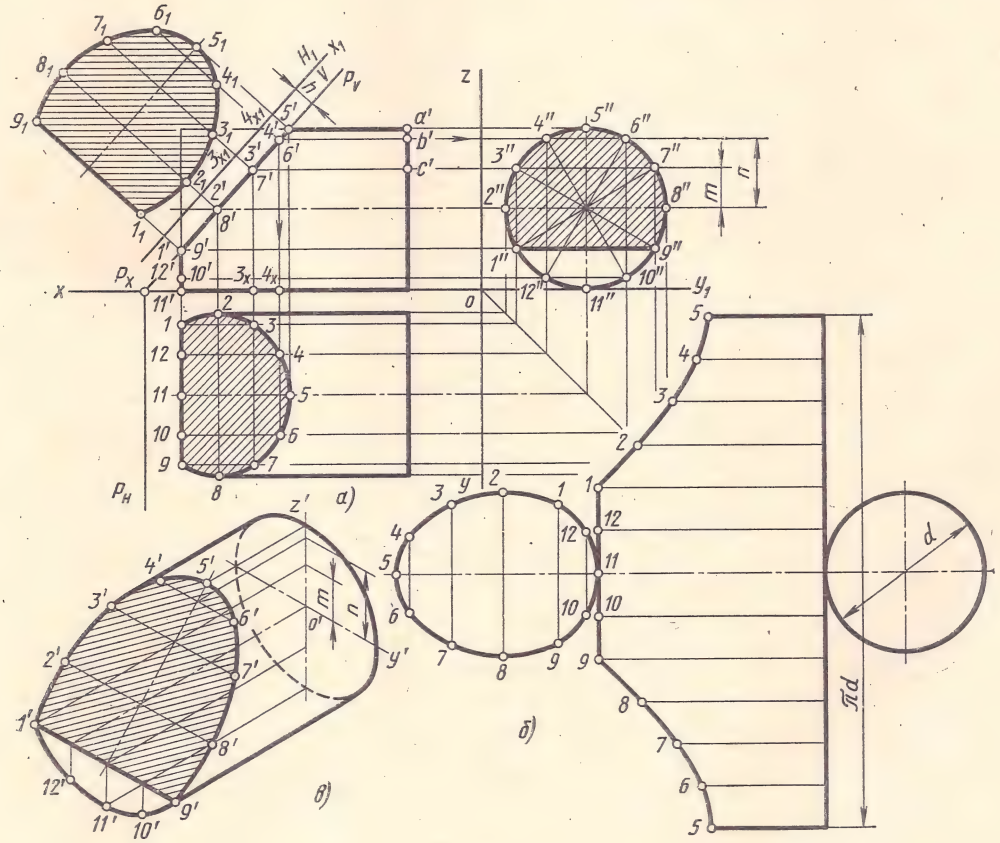


Рис. 193

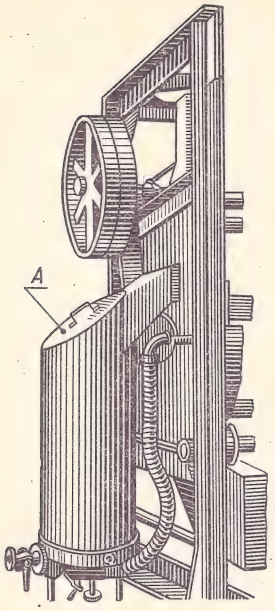


Рис. 194

Горизонтальная проекция фигуры сечения представляет собой часть эллипса.

Любая кривая линия может быть построена по нескольким точкам. Например, чтобы построить горизонтальную проекцию какой-либо точки, принадлежащей фигуре сечения (например, точки *6*), берут фронтальную проекцию этой точки *6′* (на следе плоскости P_V) и, проведя через нее линию связи до пересечения с профильной проекцией окружности основания, получают точку *6″*. Применяя линии связи, по двум имеющимся проекциям *6′* и *6″* находят горизонтальную проекцию точки *6*. Полученные таким образом горизонтальные проекции точек фигуры сечения соединяют кривой по лекалу.

Действительная величина фигуры сечения получена на рис. 193, *а* способом перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой. Новая ось проекций x_1 проведена параллельно следу P_V на произвольном расстоянии *h*. От оси x_1 откладывают отрезки $3x_1 3_1 = 33_x$, $4_{x1}4_1 = 44_x$ и т. д., так как расстояние от новой проекции этой точки до новой оси проекций равно расстоянию от прежней проекции этой точки до прежней оси проекций.

Развертка боковой поверхности усеченного цилиндра с основанием и фигурой сечения показана на рис. 193, *б*.

Для построения развертки на вертикальной прямой откладывают длину окружности основания, равную πd, и делят ее на 12 равных частей. Из точек деления проводят перпендикуляры, на них откладывают действительные длины образующих цилиндра от основания до секущей плоскости *P*, которые взяты с фронтальной или горизонтальной проекций цилиндра. Полученные точки *1*, *2*, *3*, ..., *9* соединяют по лекалу плавной кривой. Затем пристраивают фигуру сечения с частью левого основания, ограниченного хордой *19* (сегмент), и фигуру правого основания цилиндра.

Аксонометрическую проекцию усеченного цилиндра (изометрию) строят следующим образом (рис. 193, *в*). Сначала строят изометрию правого основания (овал) и части левого основания—сегмента (часть овала). На вертикальном диаметре окружности основания от центра *o′* откладывают отрезки *m*, *n* и т. д., взятые с профильной проекции основания. Затем из намеченных точек проводят прямые, параллельные оси цилиндра, и на них откладывают действительные длины отрезков образующих, взятых с фронтальной проекции, например *5′a′*, *6′b′*, *7′c′* и т. д. Через полученные точки проводят прямые, параллельные оси *o′y′*, и на них откладывают отрезки *4′6′*, *3′7′* и т. д., взятые с горизонтальной или профильной проекций. Полученные точки соединяют по лекалу. Заканчивают построение проведением очерковых образующих, касательных к основаниям — овалам.

Примером плоского сечения цилиндра может служить часть пылесборника машины для очистки литых деталей (рис. 194). Плоская крышка *A* трубы пылесборника наклонена к оси трубы и имеет форму эллипса.

§ 4. СЕЧЕНИЕ ПИРАМИДЫ ПЛОСКОСТЬЮ

Правильная шестигранная пирамида, пересеченная фронтально-проецирующей плоскостью *P*, показана на рис. 195.

Как и в предыдущих примерах, фронтальная проекция сечения совпадает с фронтальным следом P_V плоскости (рис. 195, *а*). Горизонтальную и профильную проекции фигуры сечения строят по точкам, которые являются точками пересечения плоскости *P* с ребрами пирамиды. Действительная величина сечения может быть найдена, например, способом совмещения (плоскость *P* вместе с фигурой сечения совмещена с горизонтальной плоскостью проекций).

Развертка боковой поверхности усеченной пирамиды с фигурой сечения и фигурой основания приведена на рис. 195, *б*.

Сначала строят развертку неусеченной пирамиды, все грани которой, имеющие форму треугольника, одинаковы. На плоскости намечают точку *S* (вершину пирамиды) и из нее, как из центра, проводят дугу окружности радиусом, равным действительной длине ребра пирамиды. Действительную длину ребра можно определить по профильной проекции пирамиды (рис. 195, *а*). Например длина *s″2″* или *s″5″* равна величине *R*, так как эти ребра параллельны плоскости *W* и изображаются на ней в действительную величину. Далее по дуге окружности от любой точки, например *1*, откладывают шесть одинаковых отрезков, равных действительной длине стороны шестиугольника — основания пирамиды. Действительная длина стороны основания пирамиды имеется на плоскости *H*. Точки *1—6* соединяют прямыми с вершиной *S*. Затем

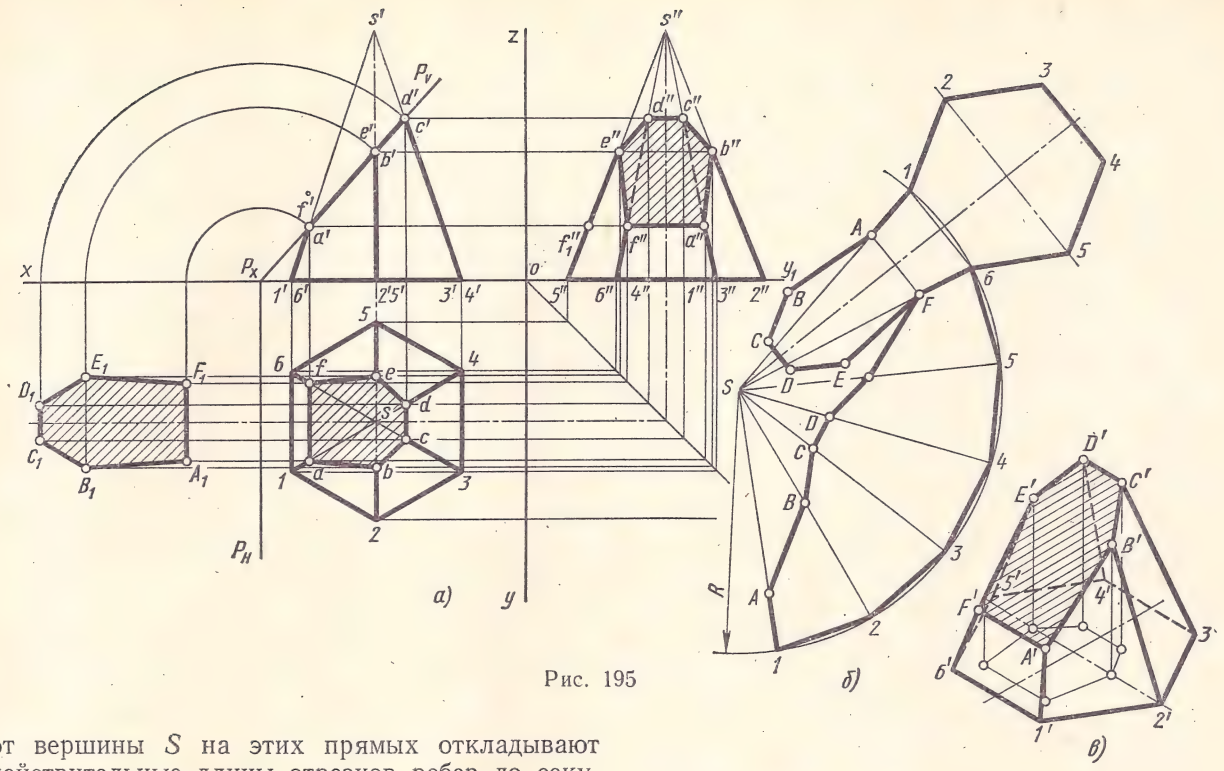


Рис. 195

от вершины S на этих прямых откладывают действительные длины отрезков ребер до секущей плоскости. На профильной проекции усеченной пирамиды имеются действительные длины только двух отрезков — SE и SB. Действительные длины остальных отрезков определяют способом вращения их около оси, перпендикулярной к плоскости H и проходящей через вершину S. Например, повернув отрезок SF около этой оси до положения, параллельного плоскости W, получим на этой плоскости его действительную длину. Для этого достаточно через точку f'' провести горизонтальную прямую до пересечения с действительной длиной ребра $S5$ (или $S2$) в точке f''_1. Отрезок $s''f''_1$ представляет собой действительную длину отрезка SF.

Полученные точки A, B, C и т. д. соединяют прямыми и пристраивают фигуры основания и сечения, пользуясь методом триангуляции. Линии сгиба на развертке проводят сплошной тонкой линией.

Построение аксонометрической проекции (изометрии) усеченной пирамиды начинают с построения (тонкими линиями) правильной шестигранной пирамиды по размерам, взятым с комплексного чертежа. Затем на плоскости основания по координатам точек наносят контур горизонтальной проекции шестиугольника сечения (см. тонкие линии на рис. 195, *в*).

Из вершин этого шестиугольника проводят вертикальные прямые до пересечения с ребрами в точках A', B', C', D', E', F', которые соединяют прямыми. Полученное изображение усеченной пирамиды обводят сплошными основными линиями. Фигуру сечения заштриховывают тонкими линиями. Невидимые ребра изображают штриховыми линиями.

Пример сечения трехгранной неправильной пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью показан на рис. 196. Все ребра на трех плоскостях проекций изображены с искажением. Горизонтальная проекция основания представляет собой его действительную величину, так как основание пирамиды расположено на плоскости H.

Действительная величина $1_1 2_1 3_1$ сечения получена способом перемены плоскостей проекций. В данном примере горизонтальная плоскость проекций H заменена новой плоскостью, которая параллельна плоскости P; ось x_1 совмещена со следом P_V (рис. 196, *а*).

Развертку поверхности пирамиды строят следующим образом. Способом вращения находят действительную величину ребер пирамиды и их отрезков от основания до секущей плоскости P.

Например, действительные длины ребер SC и отрезка его $C2$ равны соответственно длине фронтальной проекции $s'c'_1$ ребра и отрезка $c'_1 2'_1$ после поворота.

Затем строят развертку неусеченной пирамиды. Для этого из произвольной точки S проводят

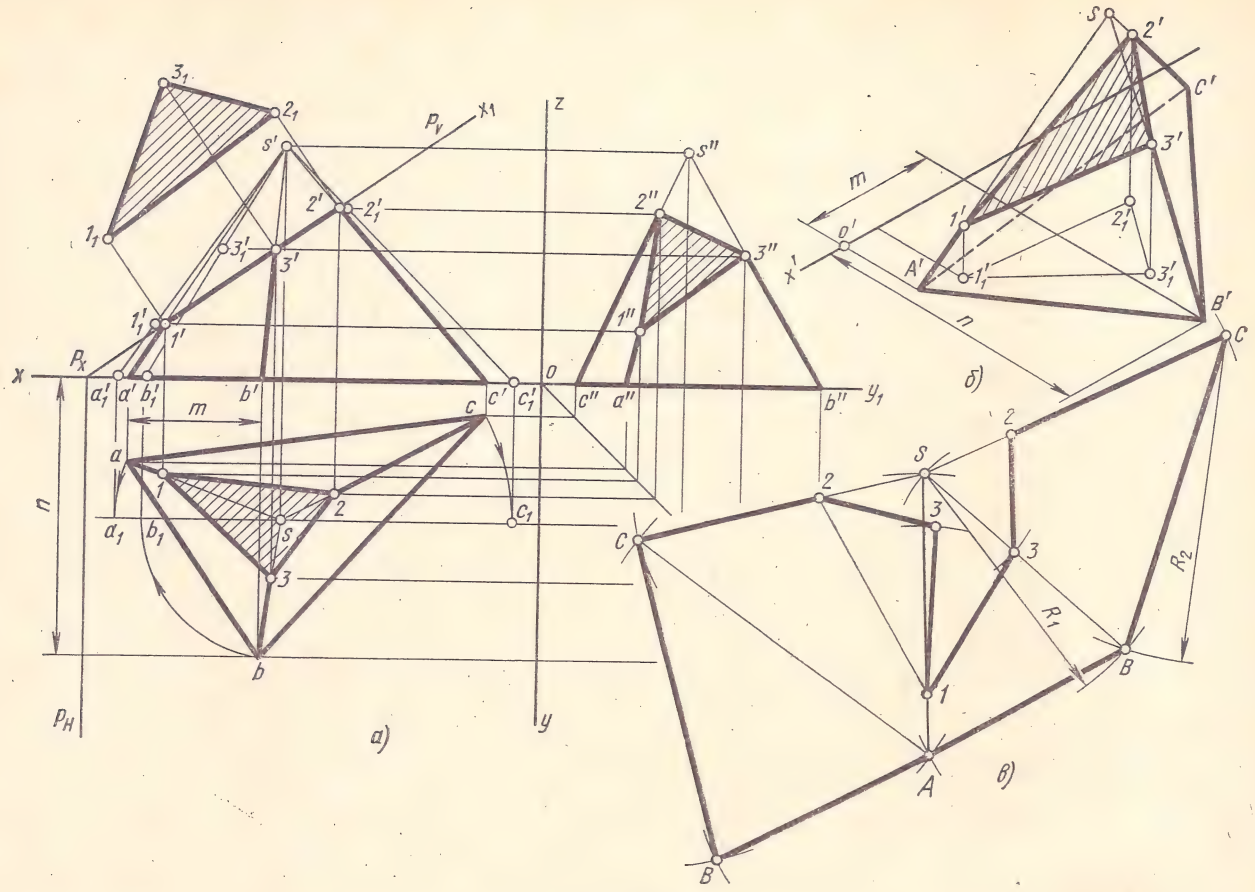


Рис. 196

прямую, на которой откладывают действительную длину ребра SC. Из точки S делают засечку радиусом R_1, равным действительной длине ребра SB, а из точки C — засечку радиусом R_2, равным стороне основания пирамиды BC, в результате чего получают точку B и грань SBC. Затем из точек S и B, как из центров, делают засечки радиусами, равными действительной длине ребра SA и стороне AB, и получают развертку ASB второй грани пирамиды. Так же строится развертка ASC третьей грани.

От точек A, B и C откладывают действительные длины отрезков ребер, которые берут на фронтальной проекции (отрезки $a'_1 1'_1$, $b'_1 3'_1$, $c'_1 2'_1$). Используя метод триангуляции, пристраивают развертку основания и фигуру сечения.

Для построения изометрической проекции усеченной пирамиды (рис. 196, *б*) проводят изометрическую ось x' и намечают на ней точку o' — начало координат.

По координатам точек A, B и C основания и вершины S строят изометрическую проекцию пирамиды. Например, для построения изометрии точки B используют координаты $x_B = m$; $y_B = n$ (см. рис. 196, *а* и *б*).

Как и в предыдущем примере, строят изометрию горизонтальной проекции фигуры сечения $1_1 2_1 3_1$ (на рис. 196, *б* она нанесена тонкими сплошными линиями). Из этих точек проводят вертикальные прямые до пересечения с ребрами в точках $1'$, $2'$ и $3'$. Эти точки соединяют прямыми и получают таким образом изометрию сечения.

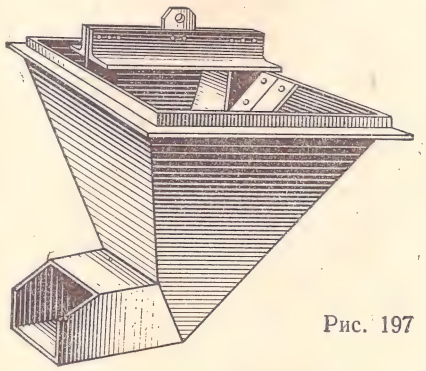


Рис. 197

На рис. 197 показан корпус бункера, который имеет форму четырехгранной усеченной пирамиды. При изготовлении корпуса выполнялось построение развертки.

§ 5. СЕЧЕНИЕ ПРЯМОГО КРУГОВОГО КОНУСА ПЛОСКОСТЬЮ

При различном расположении секущей плоскости P по отношению к оси прямого кругового конуса получаются различные фигуры сечения, ограниченные большей частью кривыми линиями.

Сечение прямого кругового конуса горизонтально-проецирующей плоскостью P рассматривается на рис. 198. Основание конуса расположено на плоскости H. Фигура сечения в данном случае ограничена гиперболой.

Горизонтальная проекция фигуры сечения расположена на горизонтальном следе плоскости P (рис. 198, *а*).

Для построения фронтальной проекции контура фигуры сечения — гиперболы — горизонтальную проекцию основания конуса (окружность) делят, например, на 12 равных частей. Через точки деления проводят вспомогательные образующие.

Затем находят фронтальные проекции этих образующих, на которые проецируют с горизонтальной проекции точки, принадлежащие фигуре сечения. Например, горизонтальная проекция e точки E, расположенной на образующей $S12$, проецируется на фронтальную проекцию этой же образующей $S'12'$ в точку e'. Профильную проекцию e'' находят построением третьей проекции точки по двум известным e и e'.

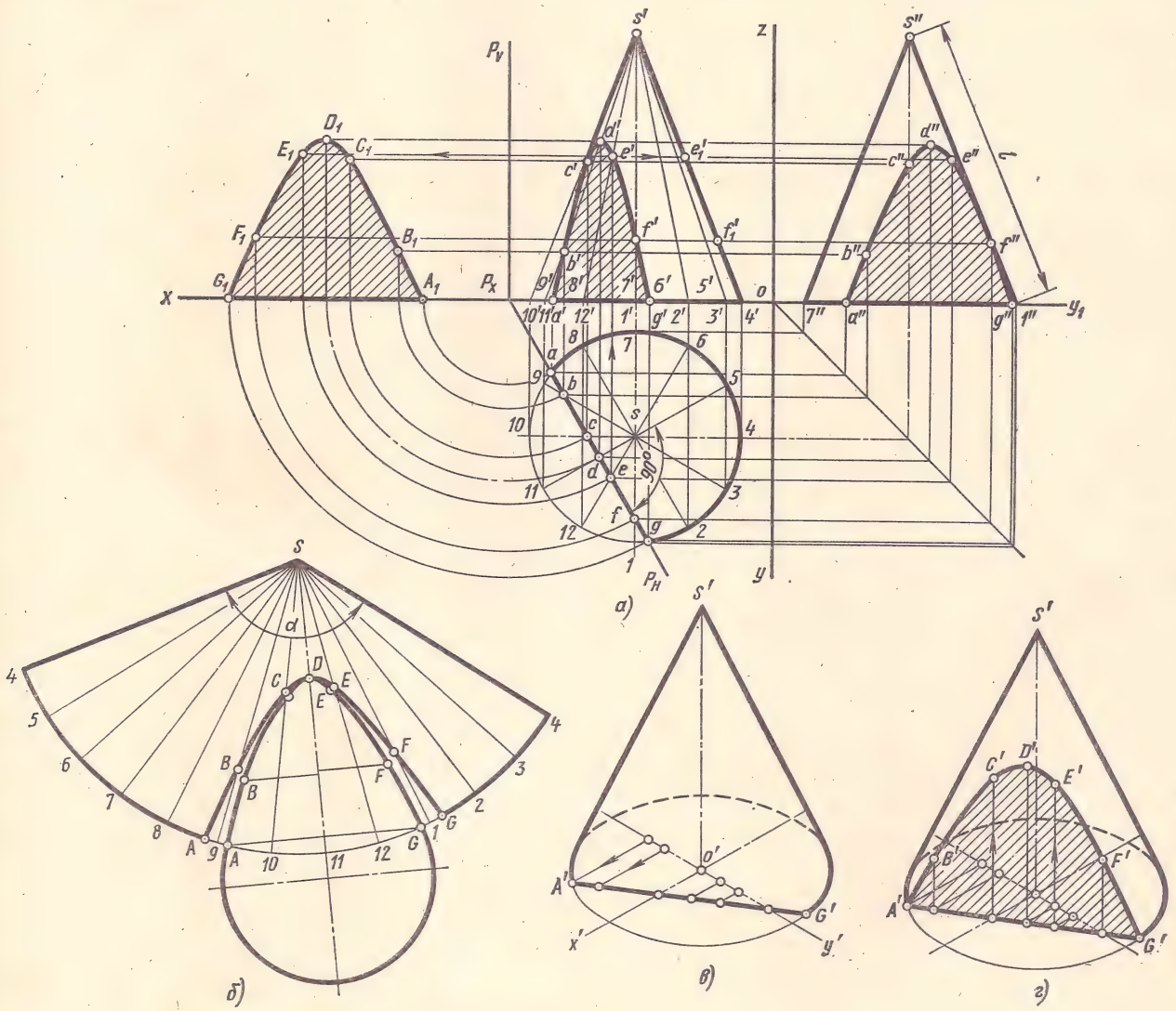


Рис. 198

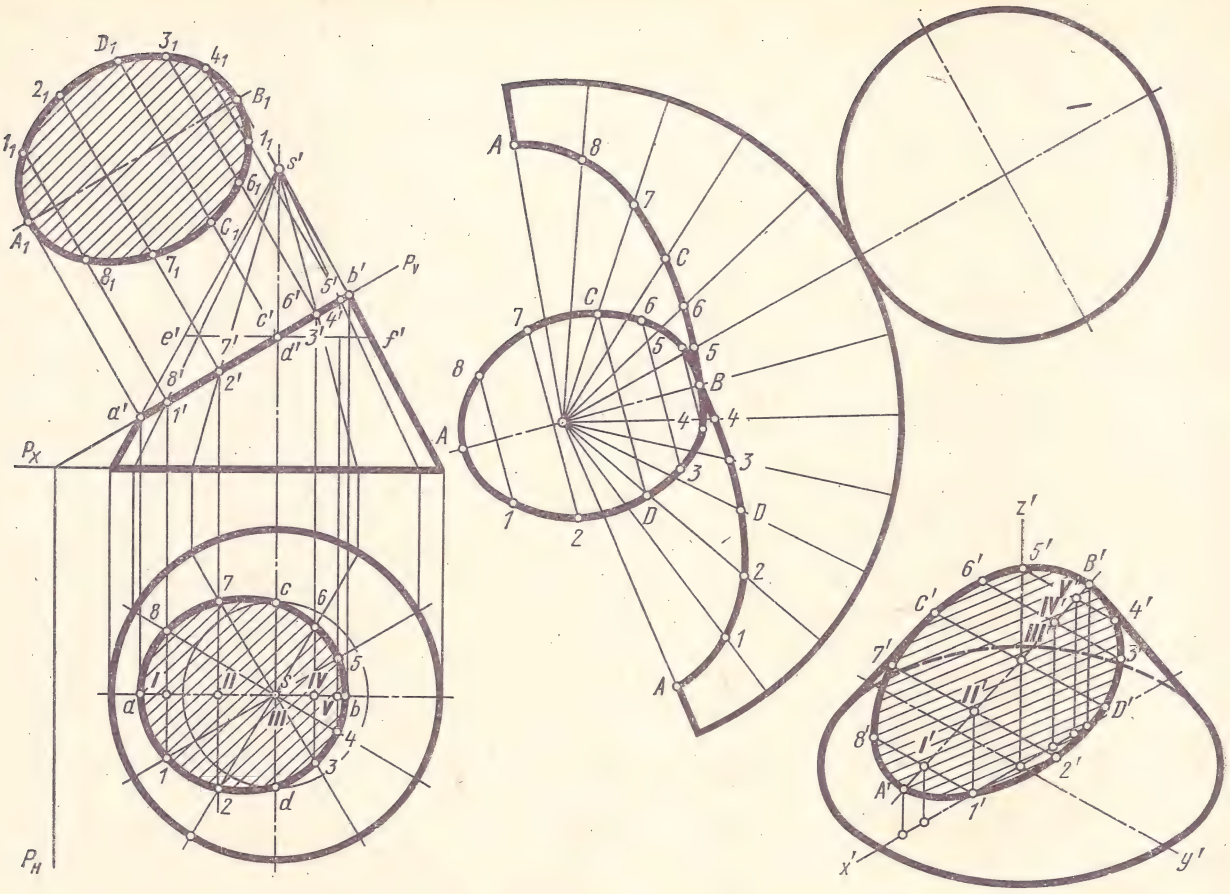


Рис. 199

Для определения верхней точки D гиперболы через вершину S проводят образующую, перпендикулярную к P_H. Искомая точка d' находится на этой образующей, которая может и не пройти через какую-либо точку деления окружности основания.

Найденные фронтальные и профильные проекции точек гиперболы соединяют по лекалу. Действительная величина фигуры сечения в данном примере найдена способом совмещения. Плоскость P (вместе с фигурой сечения) совмещается с фронтальной плоскостью проекций. Чтобы получить совмещение какой-либо точки гиперболы, например точки E, из точки e радиусом, равным $P_x e$, проводят дугу окружности до пересечения с осью x. Из точки пересечения восставляют перпендикуляр к оси, затем через e' проводят горизонтальную линию связи до пересечения с перпендикуляром в точке E_1, которая принадлежит фигуре сечения.

Построение развертки поверхности конуса (рис. 198, *б*) начинают с проведения из какой-либо точки S дуги окружности радиуса, равного длине образующей конуса. На этой дуге откладывают 12 частей окружности основания и полученные точки соединяют с вершиной прямыми — образующими. От вершины S на прямых откладывают действительные длины отрезков образующих от вершины конуса до секущей плоскости P.

Действительные длины этих отрезков находят как и в примере с пирамидой, способом вращения около вертикальной оси, проходящей через вершину конуса. Так, например, действительная длина отрезка SE получится на $s'4'$, если из e' провести горизонтальную прямую до пересечения в точке e_1' с контурной образующей конуса, являющейся действительной ее длиной.

К развертке конической поверхности пристраивают фигуры сечения и основания конуса. Для более точного построения развертки конической поверхности прямого кругового конуса центральный угол α сектора, представляющего эту развертку, можно подсчитать по формуле

$$\alpha = 180^\circ \frac{d}{l},$$

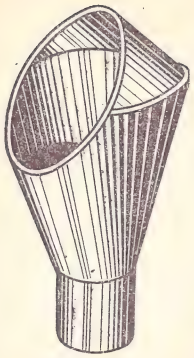


Рис. 200

где d — диаметр окружности основания конуса в мм;
l — длина образующей конуса в мм.

Построение изометрической проекции усеченного конуса (рис. 198, *в*) начинают с основания — овала. Изометрию любой точки гиперболы находят при помощи трех координат, как показано на рис. 198, *в* и *г*. Вначале по координатам x и y строят отрезок $A'G'$ линии пересечения плоскости P с основанием конуса. Затем из точек, взятых на этом отрезке, проводят вертикальные прямые, на которых откладывают координаты z точек, взятые на плоскости V или W. Найденные точки соединяют по лекалу и заштриховывают фигуру сечения. Крайние очерковые образующие проводят из вершины S' по касательной к контуру основания конуса — овалу.

Сечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью представлено на рис. 199. Все построения аналогичны предыдущим.

Практический пример плоского сечения прямого кругового конуса приведен на рис. 200. Колпак сепаратора представляет собой сварную конструкцию из тонкой листовой стали и состоит из двух конусов. Оба конуса пересечены фронтально-проецирующей плоскостью P, расположенной наклонно к осям конусов.

§ 6. РАЗВЕРТКА СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Развертка сферической поверхности может быть выполнена на чертеже приближенно, так как развернуть такую поверхность на плоскости без разрывов и складок невозможно.

Практически для изготовления сферических резервуаров, кожухов и других изделий из листового материала пайкой или сваркой приближенные развертки вполне удовлетворительны.

Приближенную развертку сферы строят по заданным прямоугольным проекциям (рис. 201).

Сферическую поверхность делят на восемь равных частей (клиньев) горизонтально-проецирующими плоскостями Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4, проходящими через центр сферы (рис. 201, *а*). Сферическую поверхность каждого клина заменяют цилиндрической поверхностью, ось которой проходит через центр сферы.

Сферическую поверхность делят на части несколькими вспомогательными горизонтальными плоскостями P, P_1, ..., P_6. Эти плоскости пересекут сферические клинья по дугам, которые заменяют образующими цилиндрической поверхности — отрезками, касательными к этим дугам (рис. 201, *а*).

Для построения развертки одного из восьми сферических клиньев (рис. 201, *б*) на горизонтальной прямой AE откладывают длину отрезка касательной прямой $1a = 1A$ и через середину этого отрезка проводят вертикальную прямую, на которой откладывают отрезок, равный πR.

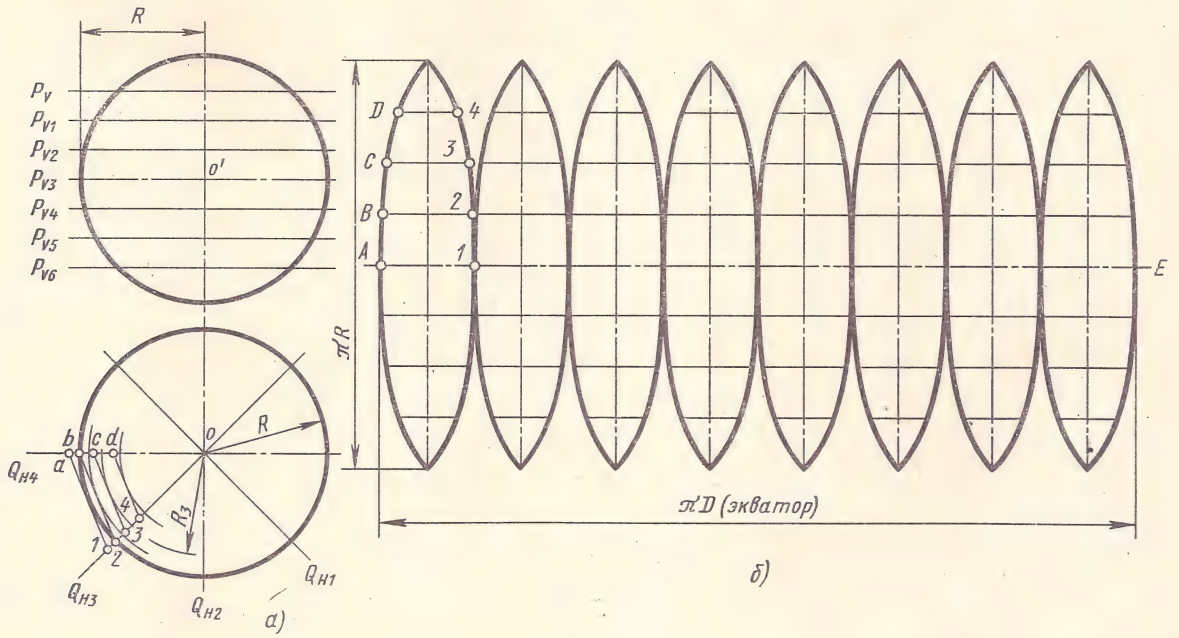


Рис. 201

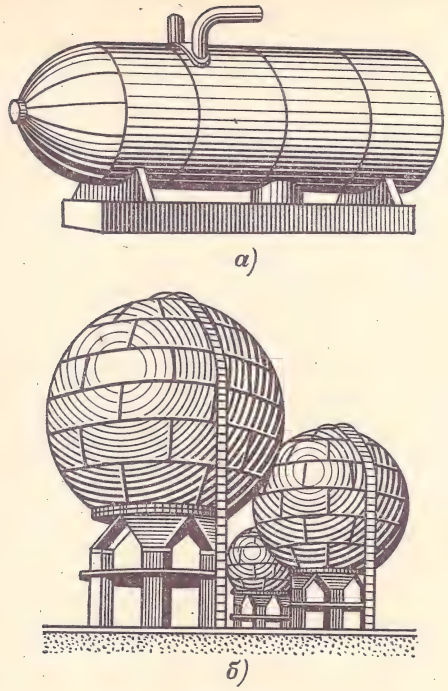


Рис. 202

Этот отрезок делят на восемь равных частей и через точки деления проводят горизонтальные прямые, на которых откладывают действительные длины касательных *2b*, *3c*, *4d* образующих цилиндров, т. е. отрезки *2B*, *3C*, *4D*. Полученные точки соединяют плавной кривой. Развертку остальных семи клиньев строят аналогично.

На рис. 202, *а* и *б* показаны сварные резервуары, имеющие сферическую поверхность.

§7. ЛИНИИ СРЕЗА

Часто на чертежах различных деталей (отливок, поковок) требуется строить проекции кривых линий, по которым плоскости пересекаются с различными телами вращения. Такие кривые линии называются линиями среза и строятся по точкам. Линиями среза являются, например, линия плоского сечения детали, ограниченной сферической, цилиндрической и конической поверхностями (рис. 203, *а* — стол прибора для испытания твердости металлов), линия плоского сечения поверхности вращения, которая ограничивает часть детали, например, головку шатуна (рис. 204, *а*).

Как видно из чертежей этих деталей, секущая плоскость (или плоскость среза) в обоих случаях является фронтальной плоскостью, поэтому горизонтальная и профильная проекции линий среза совпадают соответственно с горизонтальным и профильным следами плоскости среза. Фронтальную проекцию линии среза строят следующим образом.

В первом примере, где срезаются сферическая, цилиндрическая и коническая поверхности (рис. 203, *б*), фронтальная проекция линии состоит из трех участков: первый — окружность радиуса *R*, по которой плоскость пересекает сферическую поверхность; второй — прямая (образующая), полученная от пересечения плоскостью цилиндрической поверхности, и третий — кривая (часть гиперболы), полученная от пересечения плоскости с конической поверхностью.

Гипербола строится по точкам при помощи вспомогательных секущих плоскостей, которые пересекают конус по окружностям, расположенным на конической поверхности. Например, если

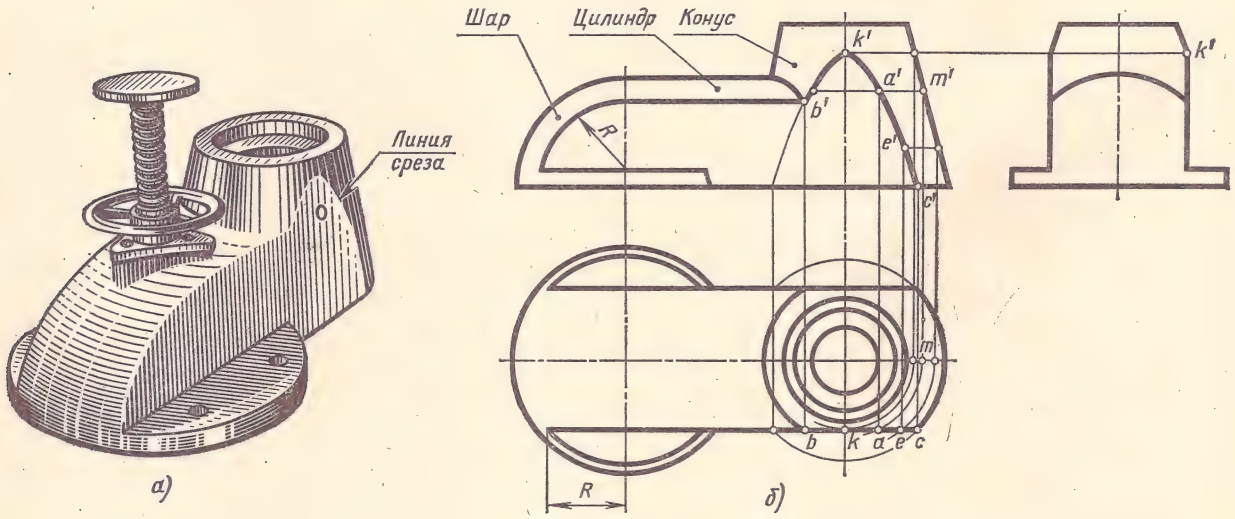


Рис. 203

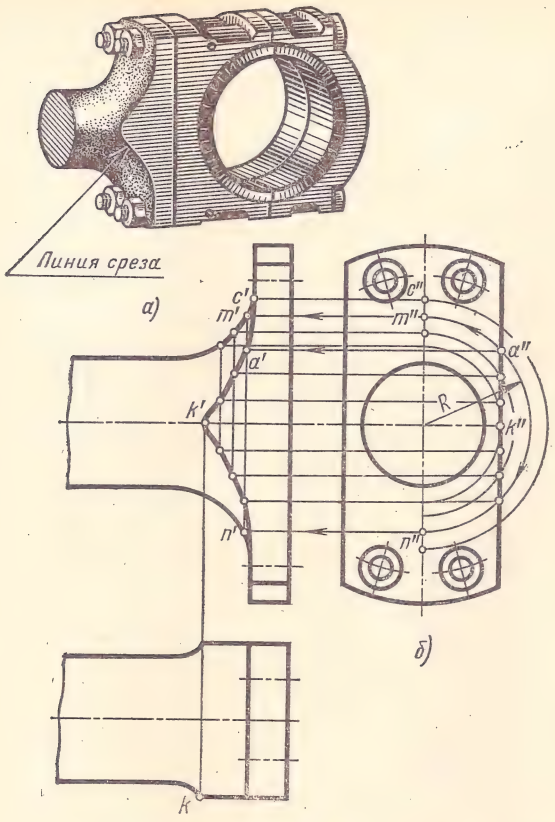


Рис. 204

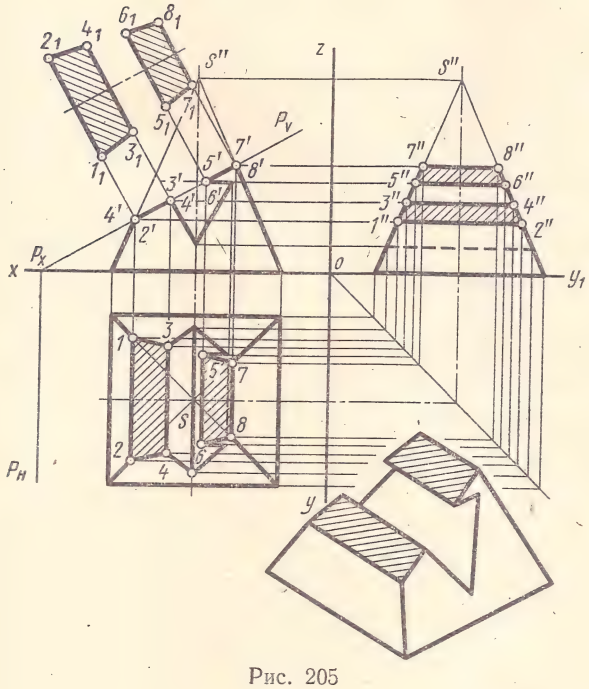


Рис. 205

провести такую вспомогательную плоскость и соответствующую ей окружность через горизонтальную проекцию a точки гиперболы и найти фронтальную проекцию этой окружности (это будет отрезок горизонтальной прямой, проведенной через точку m'; точка m' найдена при помощи вертикальной линии связи), то на нее можно спроецировать точку a' и определить искомую проекцию a'. Наивысшую точку k' фронтальной проекции гиперболы определяют проводя на плоскости H вспомогательную окружность, касательную к горизонтальному следу секущей плоскости.

Точка C, лежащая на окружности основания конуса, является крайней правой точкой гиперболы.

Во втором примере (рис. 204, *б*) фронтальные проекции точек линии среза находят также при помощи вспомогательных окружностей, проведенных в плоскостях, перпендикулярных к оси поверхности вращения и проходящих через искомые точки. Например, если проведена такая окружность радиуса R через точку a'' на плоскости W, то легко найти ее фронтальную проекцию. Это отрезок вертикальной прямой $m'n'$. Проведением линии связи в горизонтальном направлении через точку a'' находят искомую проекцию a'.

Освоив построение плоских сечений различных геометрических поверхностей и тел, определение действительной величины сечений и построение разверток поверхностей, необходимо выполнить ряд упражнений для развития пространственного представления. Пример упражнения приведен на рис. 205. Вначале необходимо построить три проекции четырехгранной пирамиды со сквозным отверстием, затем рассечь пирамиду фронтально-проецирующей плоскостью P, заданной следами, и построить проекции фигуры сечения.

В заключение необходимо одним из способов определить действительную величину фигуры сечения. На рис. 205 действительная величина сечения найдена способом перемены плоскостей проекций. Желательно построение аксонометрии усеченного тела.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как определяется на комплексном чертеже действительная величина сечения?
2. Какими линиями на чертеже изображаются линии сгиба разверток?
3. В каком случае фигура сечения конуса очерчена параболой?
4. Что показывают в сечении?

ГЛАВА 9

ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ

§ 1. ЛИНИИ ПЕРЕХОДА И ПЕРЕСЕЧЕНИЯ

На чертежах деталей машин линии пересечения и линии перехода различных поверхностей встречаются очень часто. Иногда эти линии являются сложными лекальными кривыми, для построения которых необходимо найти большое количество точек.

На чертежах линии пересечения поверхностей изображаются сплошной линией (рис. 206, *а*). В местах сопряжения поверхностей литых и штампованных деталей нет четкой линии пересечения. Воображаемая линия пересечения называется линией перехода и условно изображается на чертежах сплошной тонкой линией. Эта линия начинается и заканчивается в точках пересечения продолжения контура взаимно пересекающихся поверхностей (см. рис. 206, *б*).

Построение линий пересечения и перехода требует значительной точности, например, при выполнении чертежей трубопроводов, вентиляционных устройств, резервуаров, кожухов машин, станков и другого оборудования. Пример, где требуется подобное построение, показан на рис. 207, где изображен бункер, ограниченный цилиндрической поверхностью *А*, пересекающейся с конической поверхностью *Б* и поверхностью пирамиды *В*.

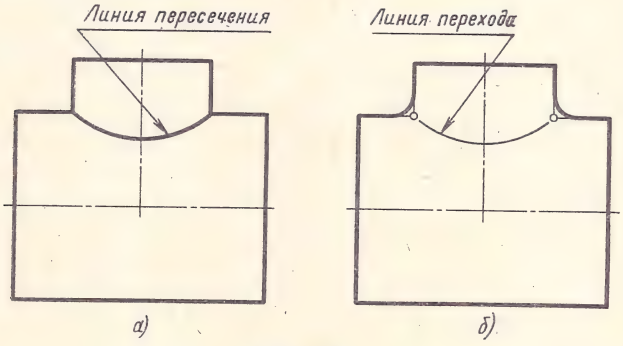


Рис. 206

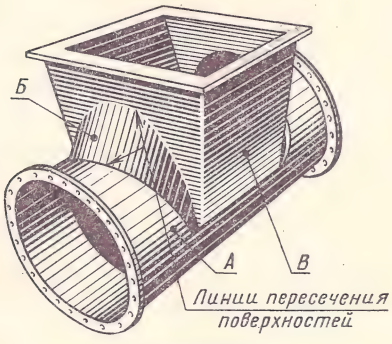


Рис. 207

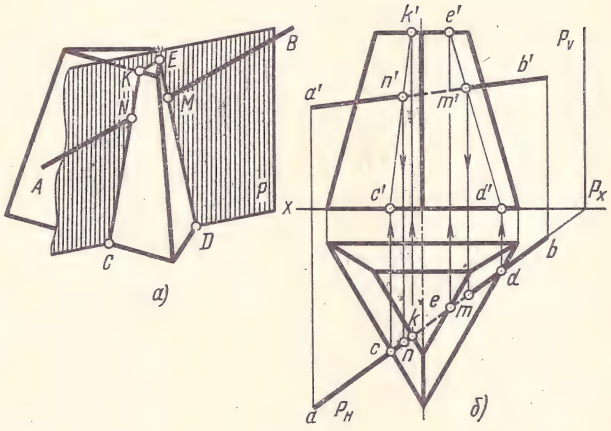


Рис. 208

§ 2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С ПОВЕРХНОСТЯМИ ТЕЛ

Для решения задач на построение линий пересечения поверхностей необходимо усвоить построение проекций точек пересечения (точек встречи) прямой линии с поверхностями различных геометрических тел.

Эти построения выполняются в следующем порядке. Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость (обычно проецирующую). Например, на рис. 208, *а*, где изображено пересечение прямой *AB* с поверхностью пирамиды, через прямую проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость *Р*. Затем находят линии пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью данного геометрического тела (линии *KC* и *ED*). На пересечении полученных линий с заданной прямой находят искомые точки встречи (точки *N* и *M*).

На комплексном чертеже точки встречи определяют следующим образом (рис. 208, *б*). Горизонтальные проекции прямых *KC* и *ED* совпадают с горизонтальным следом плоскости P_H. Фронтальные проекции *k'*, *c'*, *e'* и *d'* определяют, пользуясь

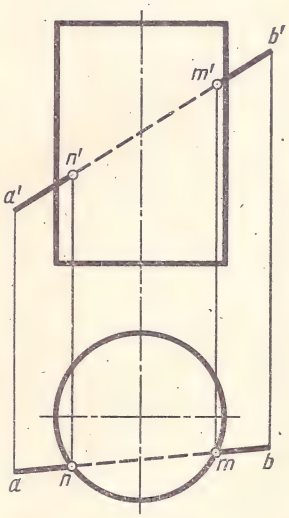


Рис. 209

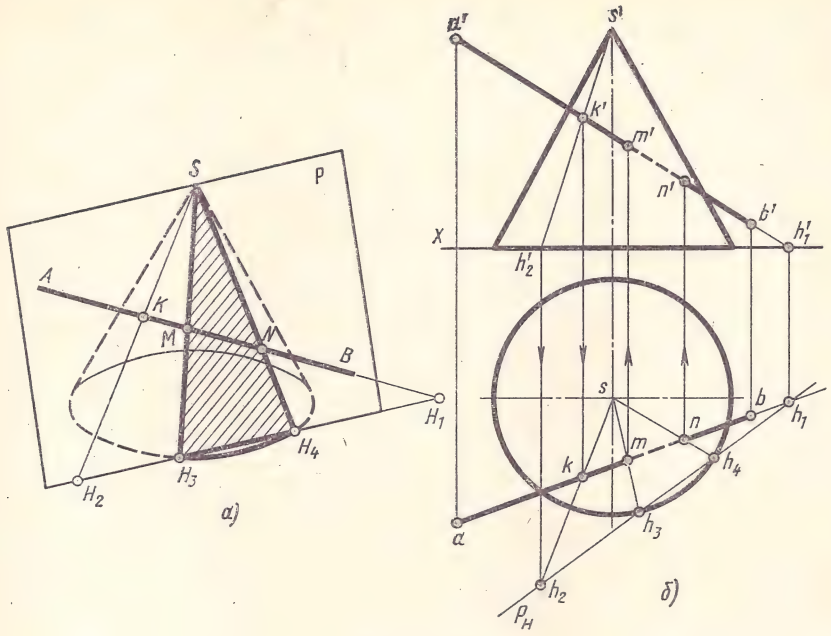


Рис. 210

вертикальными линиями связи, проведенными из точек k, c, e и d до пересечения с фронтальными проекциями оснований пирамиды. Соединяют точку k' с c' и e' с d' прямыми. На пересечении фронтальных проекций найденных прямых с проекцией $a'b'$ данной прямой получают фронтальные проекции n' и m' искомых точек встречи. Проведя через них вертикальные линии связи, находят горизонтальные проекции n и m точек встречи.

В некоторых частных случаях можно обойтись без применения вспомогательной плоскости. Например, точки встречи прямой AB с поверхностью прямого кругового цилиндра, имеющего вертикальную ось (рис. 209), определяют следующим образом.

Горизонтальная проекция цилиндрической поверхности представляет собой окружность, поэтому горизонтальные проекции всех точек, расположенных на цилиндрической поверхности, в том числе и двух искомых точек встречи, будут расположены также на этой окружности (рис. 209).

Фронтальные проекции n' и m' искомых точек встречи определяют проводя через точки n и m вертикальные линии связи до встречи с данной фронтальной проекцией $a'b'$ прямой AB.

На рис. 210 показано построение точек встречи прямой AB с поверхностью прямого кругового конуса. Через прямую AB проводят вспомогательную плоскость, проходящую через вершину конуса, которая пересечет конус по образующим SH_3 и SH_4 (рис. 210, *а*). Эта плоскость не должна быть проецирующей (проецирующая плоскость пересекает конус по эллипсу или гиперболе). Такую плоскость на комплексном чертеже можно провести следующим образом (рис. 210, *б*). На прямой AB берут произвольную точку K и соединяют ее с вершиной S конуса прямой линией. Две пересекающиеся прямые AB и SK определяют плоскость P.

Известным способом находят горизонтальные следы H_1 и H_2 этих двух пересекающихся прямых. Для этого продолжают фронтальные проекции $s'k'$ и $a'b'$ прямых до пересечения с осью x в точках h_2' и h_1'. Из этих точек проводят вертикальные линии связи до пересечения с ab и sk в точках h_2 и h_1, которые представляют собой искомые горизонтальные проекции следов H_2 и H_1. Через следы H_1 и H_2 пройдет горизонтальный след плоскости P. На комплексном чертеже точки h_1 и h_2 соединяют прямой и получают горизонтальную проекцию горизонтального следа P_H плоскости P.

Основание конуса является горизонтальным следом конической поверхности. Поэтому, определив точки пересечения этого следа со следом P_H плоскости P, можно найти и те две образующие, по которым коническая поверхность пересекается вспомогательной плоскостью P. На комплексном чертеже горизонтальная проекция основания конуса (окружность) пересекается со следом P_H в точках h_3 и h_4. Эти точки соединяют с вершиной S и получают образующие SH_3 и SH_4.

На пересечении найденных образующих с данной прямой AB находят искомые точки M и N встречи прямой AB с конической поверхностью.

Горизонтальные проекции точек встречи m и n находят на пересечении горизонтальных проекций образующих sh_3 и sh_4 с горизонтальной проекцией прямой ab. Через точки m и n проводят вертикальные линии связи до пересечения с $a'b'$ и находят фронтальные проекции m' и n' точек встречи.

Точку встречи прямой AB с поверхностью сферы (рис. 211) находят проводя через прямую AB вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость P.

Вспомогательная плоскость P пересекает сферу по окружности, которая проецируется на плоскость H в виде эллипса, что затрудняет построение. Поэтому в данном случае необходимо применить, например, способ перемены плоскостей

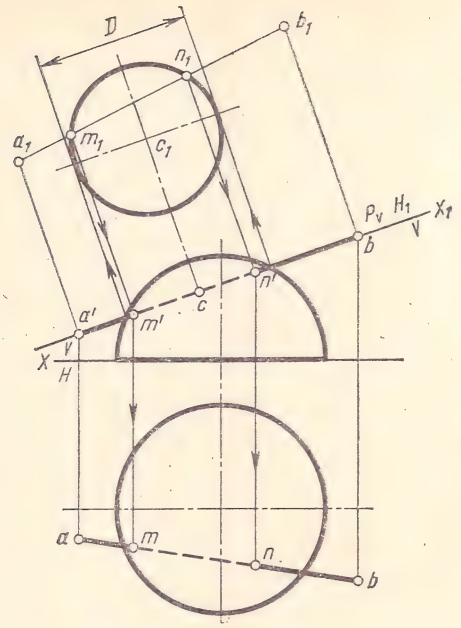


Рис. 211

проекций. Новую плоскость проекций выбирают так, чтобы вспомогательная плоскость P была бы ей параллельна, т. е. следует провести новую ось проекций x_1 так, чтобы она была параллельна фронтальной проекции $a'b'$ прямой AB (для упрощения построений на рис. 211 ось x_1 проведена через проекцию $a'b'$).

Затем необходимо построить новую горизонтальную проекцию a_1b_1 прямой AB и новую горизонтальную проекцию окружности диаметра D, по которой плоскость P пересекает сферу. На пересечении новых горизонтальных проекций прямой и окружности лежат новые горизонтальные проекции двух искомых точек встречи. Обратным построением определяем фронтальные m' и n' и горизонтальные m и n проекции точек встречи прямой с поверхностью сферы.

§ 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При построении проекций кривой — линии пересечения — вначале находят так называемые **очевидные точки**, определяемые без графических построений. Например, на рис. 212, *б*, где изображены линии пересечения призмы с конусом, это будут точки a' и b'. Затем определяют **характерные точки**, расположенные, например, на очерковых образующих поверхностей вращения (цилиндрической, конической и др.) или крайних ребрах, отделяющих видимую часть линий перехода от невидимой. Это точки c и d

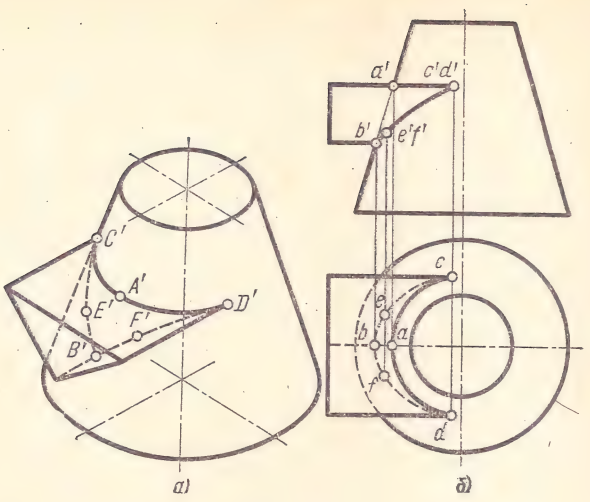


Рис. 212

(рис. 212, *б*), расположенные на крайних ребрах верхней горизонтальной грани призмы.

К характерным точкам относятся также крайние точки линии пересечения — высшие, низшие, правые, левые и т. д. В данном примере такими точками будут: крайние правые точки C' и D' и левая точка B'; высшие точки A', C', D' и низшая B' и т. д. (рис. 212, *а*).

Все остальные точки линии пересечения называются **промежуточными** (например, точки E' и F').

В общем случае построения линии пересечения поверхностей (например, цилиндрической, конической и др.) чаще всего применяются вспомогательные взаимно параллельные **секущие плоскости** или **сферические поверхности.**

В качестве вспомогательных плоскостей должны быть выбраны такие, которые пересекали бы обе данные поверхности по простым линиям — прямым или окружностям, причем окружности должны быть расположены в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.

Во всех случаях перед тем, как строить линию пересечения на чертеже, необходимо представить себе эту линию в пространстве.

§ 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При выполнении машиностроительных чертежей наиболее часто встречается случай пересечения двух цилиндрических поверхностей, оси которых расположены под углом 90°.

Разберем пример построения линии пересечения двух прямых круговых цилиндров, оси которых перпендикулярны к плоскостям проекций (рис. 213, *а*).

При построении прямоугольных проекций этих пересекающихся цилиндров применен безосный способ проецирования, т. е. на комплексном чертеже оси проекций *ox*, *oy* и *oz* отсутствуют, что делает чертеж более простым.

В начале построения, как известно, находят проекции очевидных точек *1* и *7* и характерной точки *4*.

Построение проекций промежуточных точек показано на рис. 213, *б*. Если в данном примере применить общий способ построения линий пересечения с помощью вспомогательных взаимно параллельных плоскостей, пересекающих обе цилиндрические поверхности по образующим, то на пересечении этих образующих будут найдены искомые точки линии пересечения (например, точки *2*, *3*, *5* на рис. 213, *а*). Однако в данном случае выполнять такое построение нет необходимости по следующим соображениям.

Горизонтальная проекция искомой линии пересечения поверхностей совпадает с окружностью — горизонтальной проекцией основания большого цилиндра. Профильная проекция линии пересечения также совпадает с окружностью — профильной проекцией основания малого цилиндра. Таким образом фронтальную проекцию искомой линии пересечения легко найти по общему правилу построения кривой линии по точкам, когда две проекции точек известны. Например, по горизонтальной проекции *3* (рис. 213, *б*) находят профильную проекцию *3″*. По двум проекциям *3* и *3″* определяют фронтальную проекцию *3′* точки *3*, принадлежащей линии пересечения цилиндров. Направления линий связи показаны на чертеже стрелками.

Построение изометрической проекции пересекающихся цилиндров начинают с построения изометрии вертикального цилиндра. Далее через точку o_1' параллельно оси $o'x'$ проводят ось горизонтального цилиндра. Положение точки o_1' определяется высотой h, взятой с комплексного чертежа (рис. 213, *б*). Отрезок, равный h, откладывают от точки o' вверх по оси $o'z'$ (рис. 213, *в*). Откладывая от точки o_1' по оси горизонтального цилиндра отрезок l, получим точку o_2' — центр основания горизонтального цилиндра.

Изометрия линии пересечения строится по точкам при помощи трех координат, как это было показано на рис. 154, *б*. Однако в данном примере искомые точки можно построить несколько иначе.

Так, например, изометрию точек *3′* и *2′* строят следующим образом. От центра o_2' (рис. 213, *в*) вверх по прямой, параллельной оси $o'z'$, откладывают отрезки m и n, взятые с комплексного чертежа. Через концы этих отрезков проводят прямые, параллельные оси $o'y'$, до пересечения с овалом (основанием горизонтального цилиндра) в точках $3_1'$ и $2_1'$. Затем из точек $3_1'$ и $2_1'$ проводят прямые, параллельные оси $o'x'$, и на них откладывают отрезки, равные расстоянию от основания горизонтального цилиндра до линии пересечения, взятые с фронтальной или горизонтальной проекции комплексного чертежа, например, отрезок $3_1'3' = 3_1 3$. Конечные точки этих отрезков будут принадлежать изометрии линии пересечения. Через эти точки проводят по лекалу кривую, выделяя ее видимые и невидимые части.

Если диаметры пересекающихся цилиндрических поверхностей одинаковы, то фронтальная проекция линии пересечения представляет собой две пересекающиеся прямые (рис. 214, *а*). Эти прямые являются фронтальными проекциями плоских кривых — эллипсов.

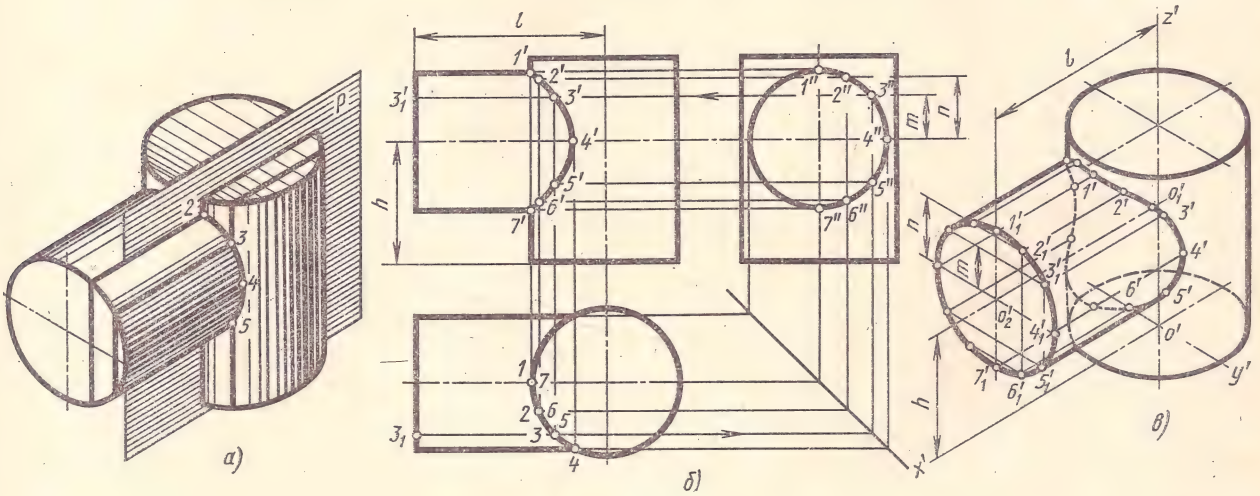


Рис. 213

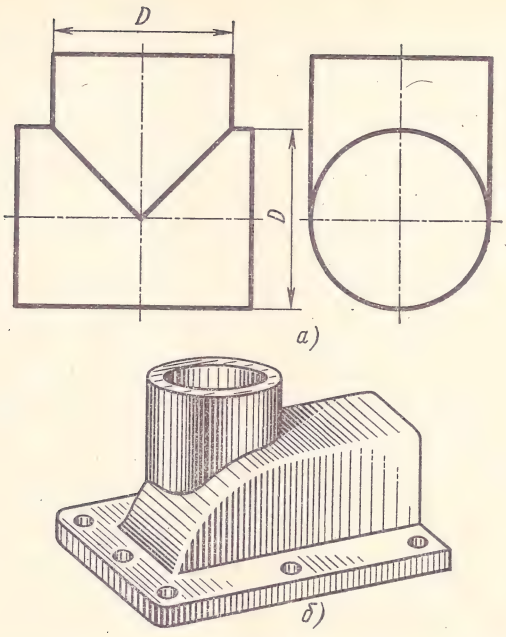


Рис. 214

Пример взаимного пересечения двух цилиндрических поверхностей с осями, перпендикулярными друг к другу, приведен на рис. 214, *б*. Одна цилиндрическая поверхность корпуса имеет вертикальную ось, а другая (четверть цилиндра) — горизонтальную.

Если пересекающиеся цилиндрические поверхности имеют оси, расположенные под углом, отличным от прямого угла, то линию их пересечения строят при помощи вспомогательных секущих плоскостей или другими способами (например, способом сфер, разобранным ниже).

§ 5. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИЗМ И ПИРАМИД

В приемах построения проекций линии пересечения двух прямых призм много общего с построением линии пересечения двух цилиндров. Если грани и ребра двух призм взаимно перпендикулярны (рис. 215, *а*), то линия пересечения призм строится следующим образом.

В данном случае горизонтальная и профильная проекции линии пересечения совпадают соответственно с горизонтальной проекцией пятиугольника (основания одной призмы) и с профильной проекцией части четырехугольника (основания другой призмы). Фронтальную проекцию ломаной линии пересечения строят по точкам пересечения ребер одной призмы с гранями другой.

Например, взяв горизонтальную *1* и профильную *1″* проекции точки *1* пересечения ребра пятигранной призмы с гранью четырехгранной (рис. 215, *а*) и пользуясь известным приемом построения, с помощью линии связи можно легко найти и фронтальную проекцию *1′* точки *1*, принадлежащей линии пересечения призм.

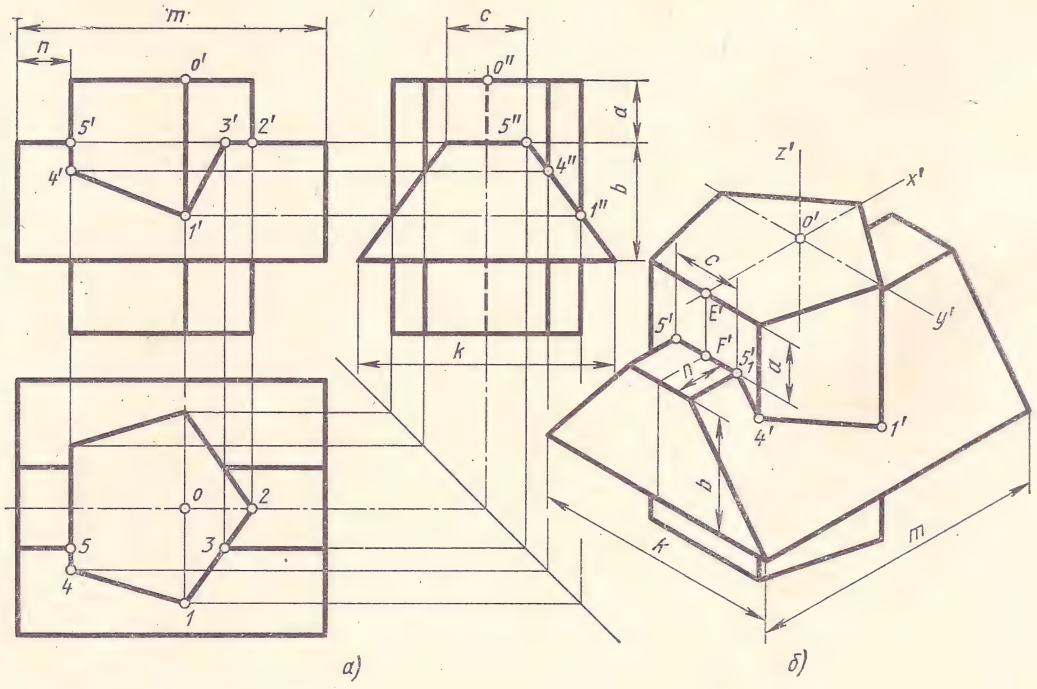


Рис. 215

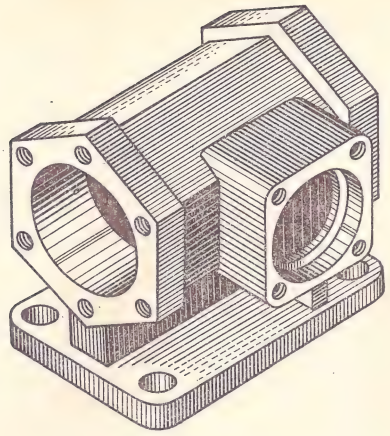


Рис. 216

Изометрическая проекция линии пересечения двух призм (рис. 215, *б*) может быть построена по координатам точек этой линии.

Например, изометрию двух точек $5'$ и $5'_1$, симметрично расположенных на левой грани пятигранной призмы, строят так. Принимая для удобства построений за начало координат точку o', лежащую на верхнем основании пятигранной призмы, откладываем влево от o' по направлению, параллельному изометрической оси $o'x'$, отрезок $o'E'$, равный координате x_5, взятой с комплексного чертежа на фронтальной или горизонтальной проекции. Далее из точки E' вниз, параллельно оси $o'z'$, откладываем отрезок $E'F'$, равный второй координате $z_5 = a$ и, наконец, от точки F' влево и вправо, параллельно оси $o'y'$, откладываем отрезки $F'5'$ и $F'5'_1$, равные третьей координате $y_5 = \frac{c}{2}$.

Далее от точки F' параллельно оси $o'x'$ откладываем отрезок n, взятый с комплексного чертежа. Через его конец проводим прямую, параллельную оси $o'y'$, и откладываем на ней отрезок, равный c. Вниз параллельно оси $o'z'$ откладываем отрезок, равный b, и параллельно $o'y'$ — отрезок, равный K. В результате получаем изометрию основания четырехгранной призмы.

Точки $1'$ и $4'$ на ребрах пятигранной призмы можно построить используя только одну координату z.

На рис. 216 показан корпус, имеющий форму правильной шестигранной призмы. Передний фланец корпуса выполнен в виде четырехгранной призмы. Так как ребра призм взаимно перпендикулярны, то принцип построения проекций

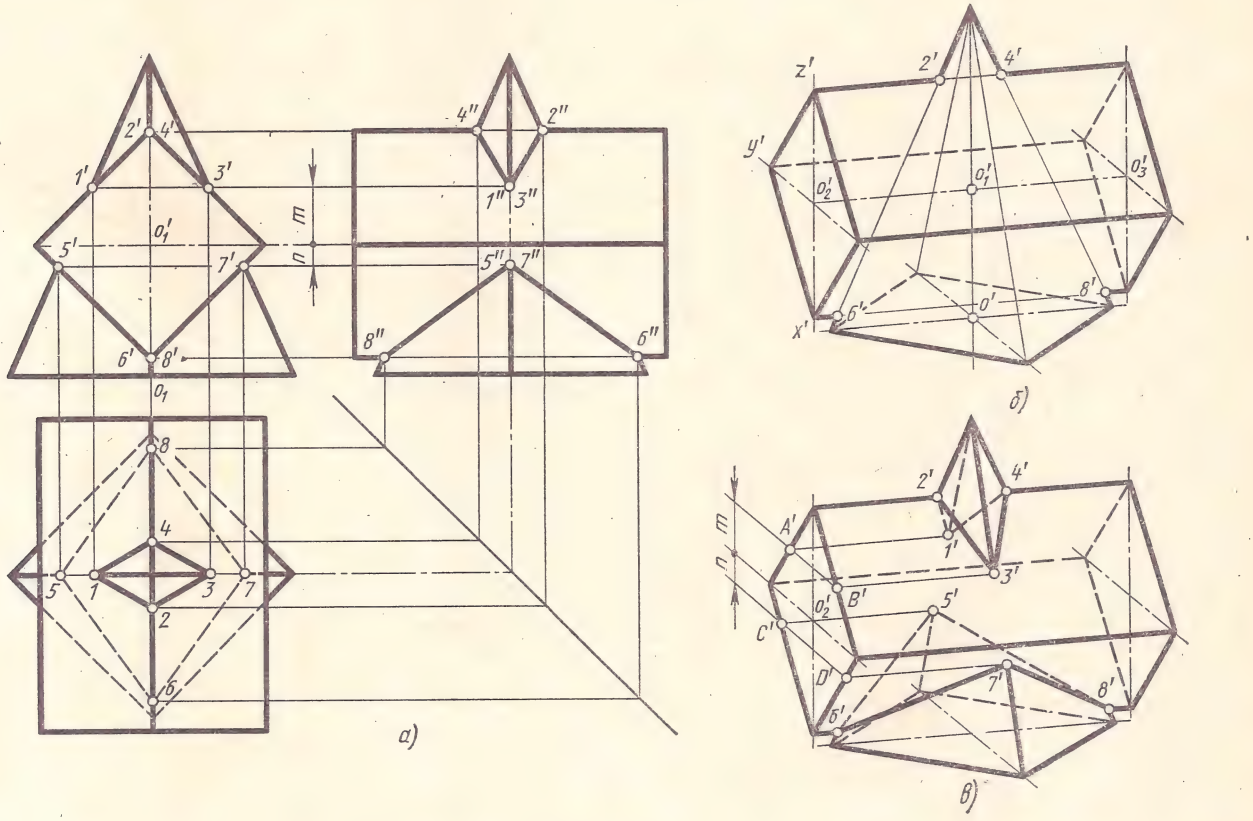


Рис. 217

линии пересечения аналогичен с построением, показанным на рис. 215.

Линию пересечения четырехгранной призмы с четырехгранной пирамидой (рис. 217, *а*) также строят по точкам — границам отрезков ломаной линии. Например, проекции точек *1* и *3* искомой линии находят следующим образом. Фронтальные проекции *1′* и *3′* определяют непосредственно на плоскости *V*. Профильные проекции *1″* и *3″* находят при помощи горизонтальных линий связи, проведенных через точки *1′* и *3′* до пересечения с профильными проекциями соответствующих ребер пирамиды. Имея проекции *1′* и *1″*, *3′* и *3″*, находят горизонтальные проекции *1* и *3*.

Проекции точек *2* и *4*, расположенных на пересечении ребер пирамиды и призмы, находят в той же последовательности.

Построение диметрической проекции пересекающихся тел (рис. 217, *б* и *в*) начинают с построения пирамиды. Для построения призмы от точки o' откладывают отрезок o_1o_1', взятый с фронтальной проекции комплексного чертежа, и получают точку o_1' (рис. 217, *б*). Через точку o_1' проводят параллельно оси $o'x'$ ось симметрии четырехгранной призмы и по ней от точки o_1' откладывают вправо и влево половины высоты призмы. Через точки o_2' и o_3' проводят прямые, параллельные осям $o'y'$ и $o'z'$, на которых откладывают соответственно половину и целую длину диагонали четырехугольника основания призмы. Соединив вершины прямыми, получают диметрию основания призмы.

Диметрические проекции точек *2, 4, 6* и *8* пересечения ребер призмы и пирамиды получаются без построений (рис. 127, *в*).

Диметрические проекции точек *1, 3, 5, 7* пересечения ребер пирамиды с гранями призмы находят по координатам известным способом.

В этом примере диметрические проекции точек *1, 3, 5* и *7* можно построить иначе. От середины левого основания призмы — точки o_2' — откладывают вверх и вниз по оси z' соответственно отрезки *m* и *n*, взятые с комплексного чертежа. Через концы отрезков *m* и *n* проводят прямые, параллельные оси y', до пересечения с контуром основания призмы в точках *A′*, *B′*, *C′* и *D′*. Через эти точки проводят прямые, параллельные оси x', до пересечения с ребрами пирамиды. В результате получают искомые точки *1′*, *3′*, *5′* и *7′* — диметрические проекции точек *1*, *3*, *5* и *7*.

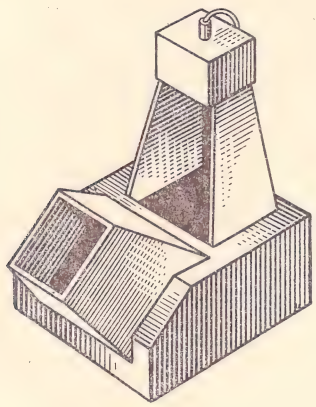


Рис. 218

На рис. 218 показан корпус оптического компаратора, который имеет форму неправильной пятигранной призмы. Патрубок экрана выполнен в виде четырехгранной пирамиды. На рисунке видна линия пересечения поверхностей этих тел.

§ 6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРА И КОНУСА

Пример построения линии пересечения прямого кругового усеченного конуса, имеющего вертикальную ось, с цилиндром, расположенным горизонтально, показан на рис. 219. Оси цилиндра и конуса пересекаются в точке o_1.

Как и ранее, вначале определяют проекции очевидных *1, 5* и характерных *3, 7* точек линии пересечения. Для определения промежуточных точек прежде всего выбирают вспомогательные взаимно параллельные секущие плоскости. Если взять в качестве вспомогательных плоскостей фронтальные или профильные плоскости, то они пересекут конус по гиперболам, а не по простым линиям, как требуется для построения. Следовательно, такие плоскости непригодны. Если взять в качестве вспомогательных горизонтальные плоскости *P*, то они будут пересекать конус по окружностям, а цилиндр — по образующим. Та и другая линия являются простыми. Искомые точки находят на пересечении образующих с окружностями.

Для определения, например, горизонтальной проекции точки *2* (рис. 219, *а*) из центра горизонтальной проекции основания конуса — точки o_1 — проводят горизонтальную проекцию дуги окружности радиуса *R*, по которой вспомогательная горизонтальная плоскость P_1 пересекает конус.

Так как профильная проекция *2″* точки *2* известна, то проводя линии связи до пересечения с окружностью радиуса *R*, находят горизонтальную проекцию точки *2*. По двум проекциям точки *2* определяют ее фронтальную проекцию *2′*. Таким же способом находят проекции остальных точек.

На горизонтальной проекции часть линии пересечения будет видимой, а часть — невидимой.

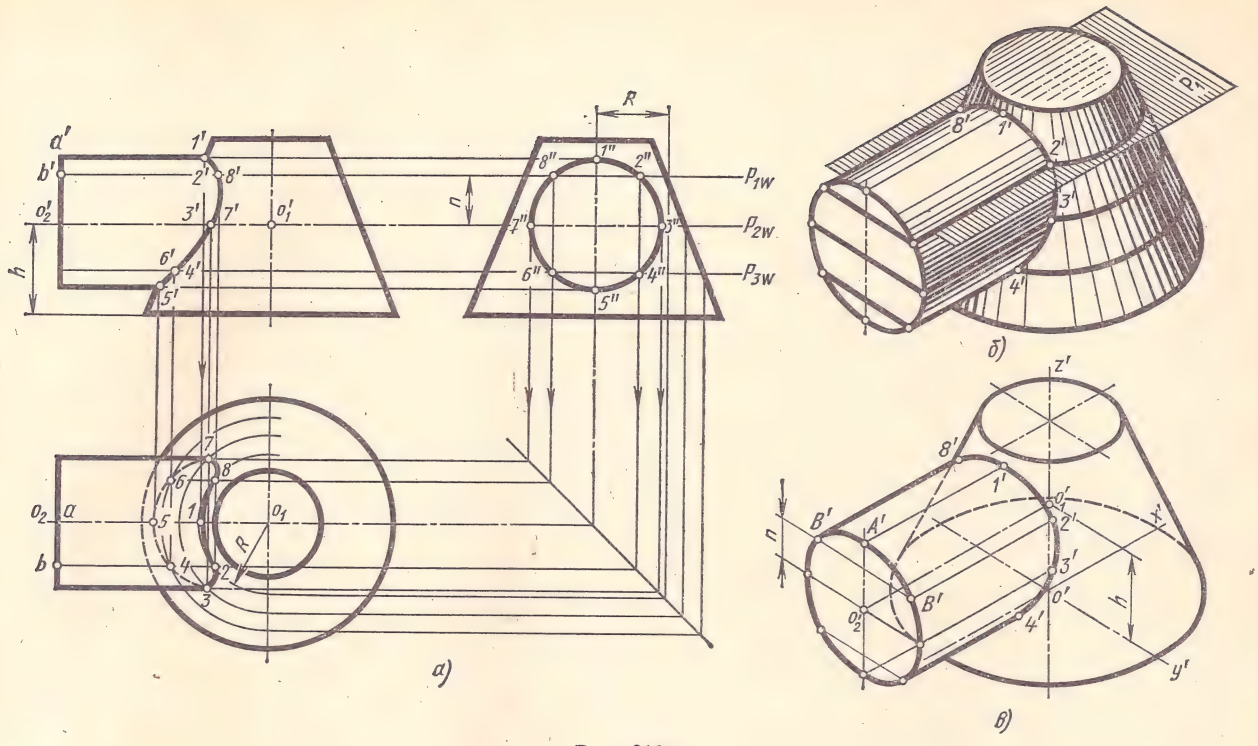


Рис. 219

Границу этих частей линии пересечения определяют при помощи вспомогательной секущей плоскости P_2, проведенной через ось цилиндра (через очерковые образующие). Точки, расположенные над плоскостью P_2 (см. профильную проекцию), будут на плоскости H видимы, а точки, расположенные под плоскостью P_2, — невидимы.

Изометрическую проекцию пересекающихся цилиндра и конуса вычерчивают в такой последовательности. Вначале выполняют изометрию конуса (рис. 219, *в*). Затем от центра нижнего основания конуса o' по его оси вверх откладывают координату $z_{01} = h$ и получают точку o_1', через которую проводят ось цилиндра параллельно изометрической оси $o'x'$. От точки o_1' по этой оси откладывают координату x_{02} точки o_2 — центра окружности основания цилиндра и получают точку o_2' — центр овала.

Для построения линии пересечения находят изометрические проекции точек этой линии при помощи координат, взятых с комплексного чертежа.

В рассматриваемом примере достаточно двух координат x и z каждой искомой точки. Например, для нахождения изометрии точки $2'$ (или $8'$) за начало координат принимается точка o_2' (центр основания цилиндра). От точки o_2' параллельно изометрической оси $o'z'$ откладывают координату $z_2 = z_8 = n$. Через конец этого отрезка проводят прямую, параллельную оси $o'y'$, до пересечения с овалом в точках B'. Из этих точек параллельно оси $o'x'$ проводят прямые — образующие цилиндра, на них откладывают координаты $x_2 = B'2'$ и $x_8 = B'8'$. В результате построения получают точки $2'$ и $8'$, принадлежащие искомой линии пересечения тел.

Координата $z_2 = z_8$ берется с фронтальной или профильной проекции комплексного чертежа, а $x_2 = x_8$ — с фронтальной или горизонтальной проекции. Через найденные точки проводят кривую линию по лекалу.

На рис. 220 показана крышка подшипника. Линию пересечения конической поверхности с цилиндрической строят описанным выше способом.

Построение линии пересечения цилиндра и конуса, оси которых параллельны (рис. 221), аналогично рассмотренному на рис. 219 построению.

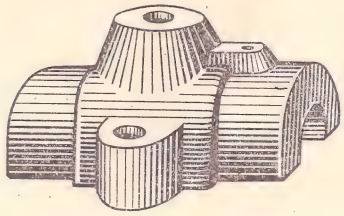


Рис. 220

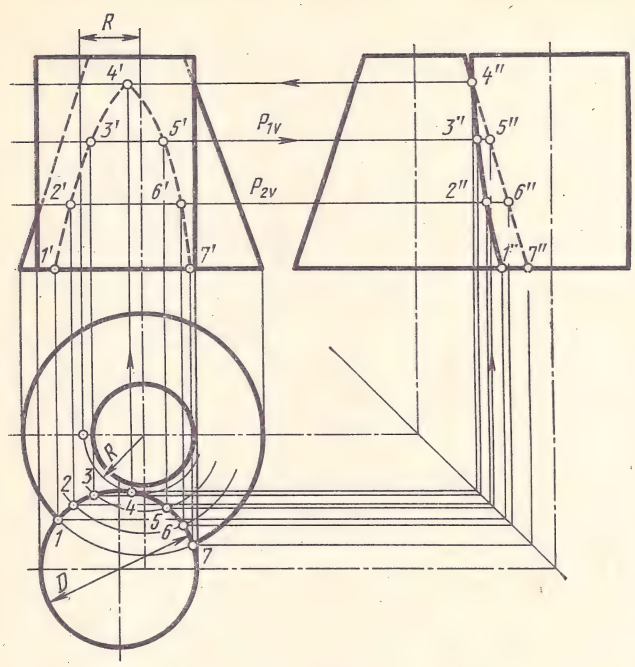


Рис. 221

Выбирают вспомогательные горизонтальные плоскости, например, P_1 и P_2, которые пересекают конус и цилиндр по окружностям. Диаметр окружностей, образованных в результате пересечения этих плоскостей с цилиндром, одинаков и равен D; диаметры окружностей пересечения плоскостей с конусом — различные. Взаимное пересечение горизонтальных проекций этих окружностей дают искомые горизонтальные проекции точек *1—7* линии пересечения. Фронтальные проекции *1′—7′* этих точек находят на фронтальных следах P_{1V} и P_{2V} вспомогательных плоскостей. Профильные проекции точек строят по двум известным.

Характерной точкой в данном примере является высшая точка линии пересечения — точка *4*, нахождение которой начинают с горизонтальной проекции, зная, что она расположена ближе всех остальных точек к оси конуса.

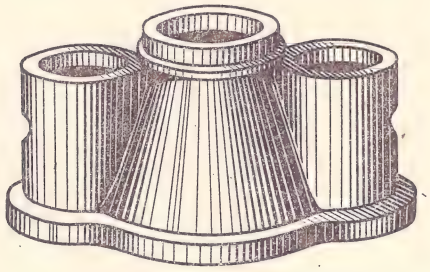


Рис. 222

Проведя через горизонтальную проекцию точки *4* дугу радиуса R, находят фронтальную проекцию этой дуги (отрезок, параллельный оси ox) и на этой проекции, применяя линии связи, находят точку *4′*.

На рис. 222 показана траверса, имеющая форму двух цилиндров, пересекающихся с конусом. Оси цилиндров и конуса параллельны.

§ 7. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИЗМЫ И СФЕРЫ

Пересечение трехгранной прямой призмы с полусферой показано на рис. 223, *а*.

В этом примере горизонтальные проекции линий пересечения совпадают с горизонтальной проекцией призмы — треугольником (рис. 223, *б*). Прежде всего находят проекции очевидных и характерных точек F, M и A линии пересечения, а затем — промежуточных.

Фронтальную проекцию любой промежуточной точки линии пересечения (например, точки B) можно определить с помощью вспомогательной фронтальной секущей плоскости P_4. Такая плоскость пересечет грани призмы по вертикальным прямым BB_1, а шар — по окружности радиуса R (рис. 223, *а* и *б*). На пересечении фронтальных проекций прямой BB_1 и окружности радиуса R получают фронтальную проекцию b' точки B (рис. 223, *б*). Проводя кривую через точку b' и другие найденные таким же способом фронтальные проекции точек, нужно определить видимые и невидимые участки кривой пересечения.

Характерными точками, разделяющими видимую часть линии пересечения от невидимой, являются точки N, лежащие в плоскости P_3, проходящей через центр сферической поверхности. Точки, найденные при помощи вспомогательных плоскостей P_3—P_5, будут видимыми, а с помощью вспомогательных плоскостей P_3—P_1 невидимыми.

Изометрическую проекцию пересекающихся тел строят следующим образом (рис. 223, *а*). Прежде всего строят изометрию полусферы. От центра o' окружности основания полусферы по изометрической оси $o'z'$ откладывают отрезок h, взятый с фронтальной или профильной проекции комплексного чертежа. Приняв за начало координат центр o', строят по двум координатам x и y вершины $5'$, F_1' и M_1' треугольника основания призмы. Координаты x и y берут с горизонтальной проекции комплексного чертежа.

Изометрию точек линии пересечения призмы с полусферой находят по трем координатам, взятым с комплексного чертежа. Например, изометрию точки K строят так. От намеченного начала координат o_1' по направлению, параллельному изометрической оси $o'y'$, откладывают

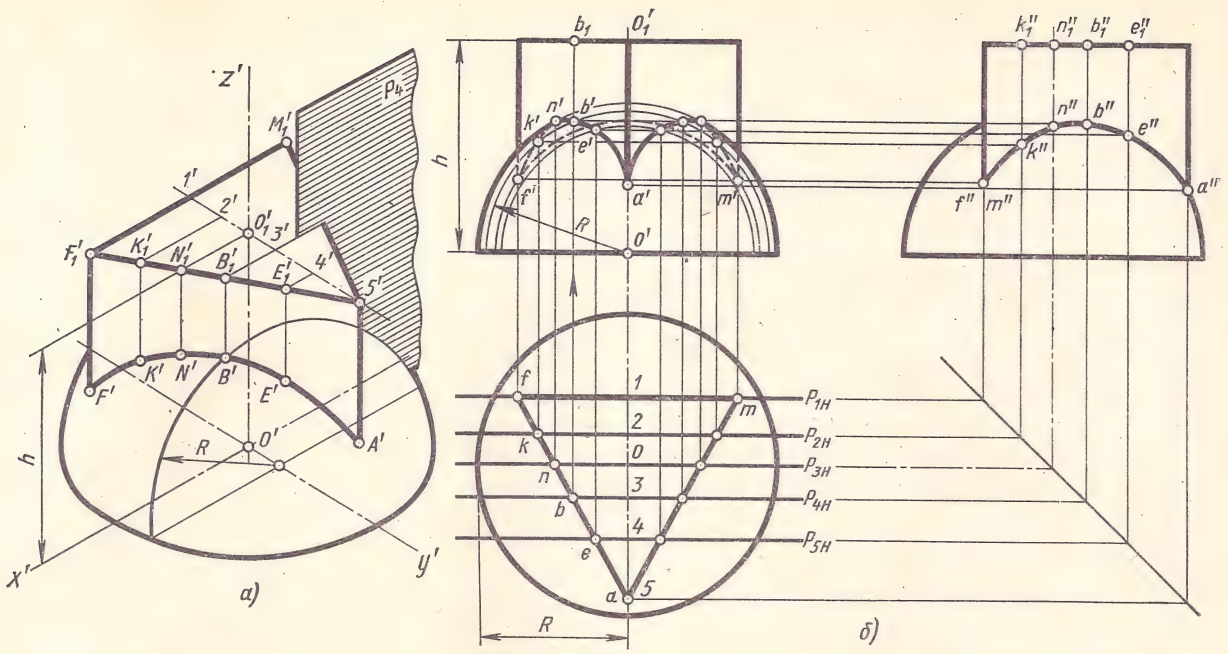


Рис. 223

координату y_k, взятую с горизонтальной проекции комплексного чертежа, где $y_k = o2$, и получают точку $2'$. Из точки $2'$ параллельно оси $o'x'$ откладывают вторую координату той же точки $x_k = 2k$ и получают точку K_1'. Из точки K_1' вниз параллельно оси z' откладывают координату z_k, взятую с профильной проекции, где $z_k = k_1''k''$. Через найденные изометрические проекции точек линии пересечения проводят кривую по лекалу.

На рис. 224 показана крышка, выполненная в виде сферы, пересекающейся с призмой.

§ 8. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СФЕРЫ И ЦИЛИНДРА

Прямой круговой цилиндр, расположенный перпендикулярно плоскости H, пересекается с шаром, центр которого расположен на оси цилиндра, по окружности, которая изображается на фронтальной проекции в виде отрезка прямой (рис. 225). Действительно, проводя через точки A и B пересечения контурных образующих цилиндра и очерка шара вспомогательную горизонтальную плоскость P, заметим следующее. Плоскость P пересечет как цилиндр, так и шар по окружности одинакового диаметра, которая расположена в проецирующей плоскости. Следовательно, ее фронтальная проекция будет изображаться в виде прямой $a'b'$.

При пересечении конуса или поверхности вращения с шаром, центр которого расположен на оси этих поверхностей, также образуется окружность (рис. 225).

Если центр шара расположен вне оси цилиндра (рис. 226, *а*), то для построения линии пересечения также применяют вспомогательные горизонтальные плоскости (рис. 226, *б*). Например, вспомогательная горизонтальная плоскость P

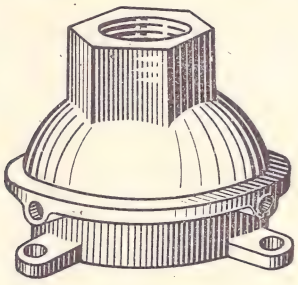


Рис. 224

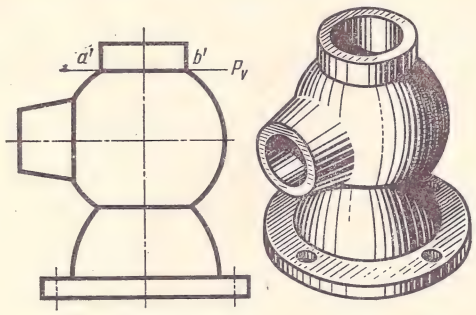


Рис. 225

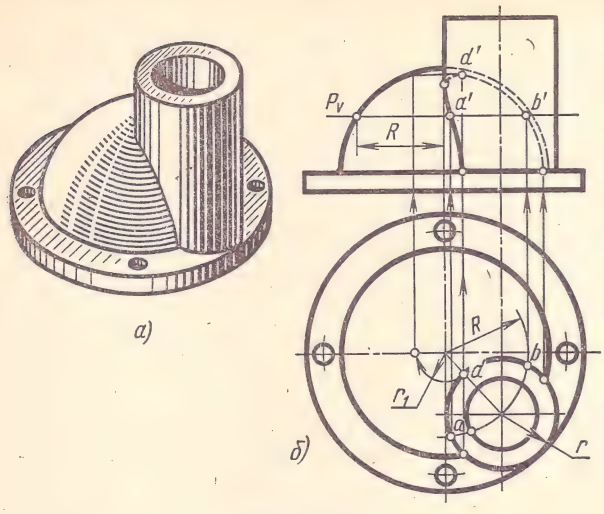


Рис. 226

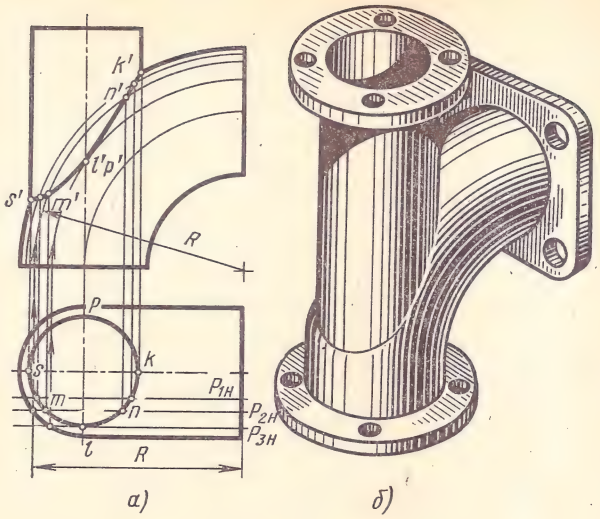


Рис. 227

пересекает цилиндр по окружности радиуса r, а шар — по окружности радиуса R. Точки пересечения a и b горизонтальных проекций этих окружностей принадлежат горизонтальной проекции линии пересечения. Фронтальные проекции a' и b' строят, используя линии связи.

Одной из характерных точек данной линии пересечения является верхняя точка D. Горизонтальная проекция этой точки находится на пересечении прямой, соединяющей центры окружностей радиусов r и R с горизонтальной проекцией основания цилиндрической поверхности. Для построения фронтальной проекции точки D через точку d проводят дугу радиуса r_1, строят фронтальную проекцию дуги (отрезок прямой, параллельной оси x) и при помощи линии связи находят точку d'.

§ 9. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРА И ЦИЛИНДРА

Патрубок, форма которого образована пересекающимися поверхностями тора и цилиндра, показан на рис. 227, *б*. Комплексный чертеж патрубка (без фланцев) с построением линии пересечения выполнен на рис. 227, *а*. В этом примере очевидные точки — K и S, характерные — L и P. Для определения проекций промежуточных точек используют вспомогательные фронтальные плоскости P_1, P_2 и P_3.

Фронтальная плоскость (например, P_2) пересекает поверхность тора по окружности радиуса R, а поверхность цилиндра — по двум образующим M и N. Взаимное пересечение этих образующих с окружностью радиуса R дает на фронтальной проекции две точки, принадлежащие искомой линии пересечения.

§ 10. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СПОСОБОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СФЕР

Для построения линии пересечения поверхностей вместо вспомогательных секущих плоскостей при определенных условиях удобно применять вспомогательные сферические поверхности.

По сравнению с методом вспомогательных секущих плоскостей метод вспомогательных сфер имеет то преимущество, что фронтальная проекция линии пересечения поверхностей строится без применения двух других проекций пересекающихся поверхностей (рис. 228, *а* и *б*).

Вспомогательные сферические поверхности для построения линий пересечения тел можно применять лишь при следующих условиях:

а) пересекающиеся поверхности должны быть только поверхностями вращения;

б) оси поверхностей вращения должны пересекаться; точка пересечения осей является центром вспомогательных сфер;

в) оси поверхностей вращения должны быть параллельны какой-либо плоскости проекций.

Примеры применения вспомогательных сферических поверхностей показаны на рис. 228, *а* и *б*.

На рис. 228, *а* дано построение фронтальных проекций линии пересечения двух цилиндров, оси которых пересекаются под острым углом.

Вспомогательные сферические поверхности проводят из точки o' пересечения осей цилиндров.

Построим, например, фронтальную проекцию $2'$ промежуточной точки *2* линии пересечения. Для этого из точки o' проводят сферическую поверхность радиуса R, которая на данной проекции изобразится в виде окружности этого же радиуса. Окружность радиуса R пересечет гори-

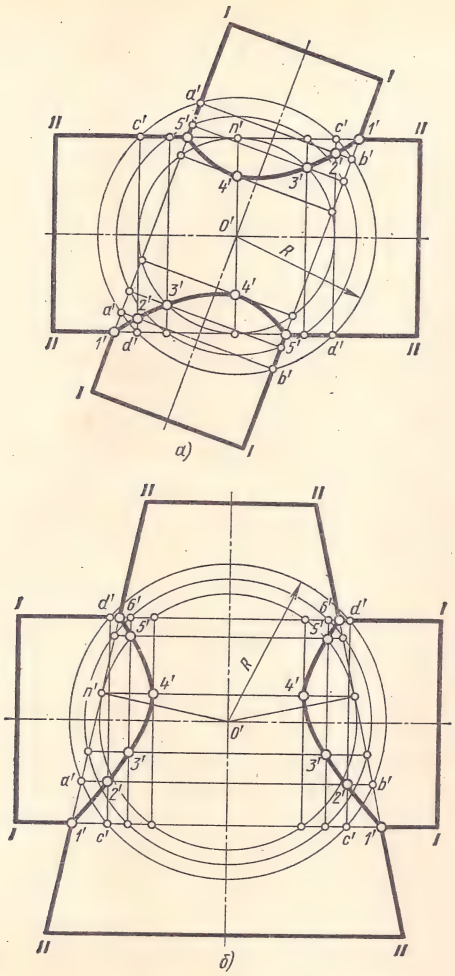


Рис. 228

зонтальный цилиндр по окружностям диаметра CD, а наклонно расположенный цилиндр — по окружностям диаметра AB.

В пересечении полученных проекций окружностей — отрезков $a'b'$ и $c'd'$ — находят искомую точку $2'$ линии пересечения.

Вводя еще целый ряд вспомогательных сферических поверхностей, можно построить необходимое число точек линии пересечения.

Пределы радиусов сферических поверхностей находят следующим образом (см. рис. 228, *а* и *б*): наибольшая окружность сферической поверхности должна пересекаться с контурными образующими $I — I$ и $II — II$, а наименьшая должна

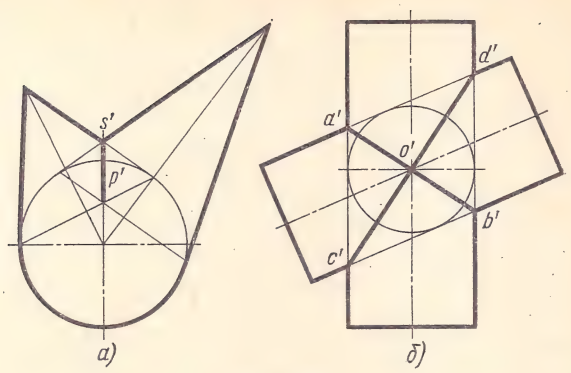


Рис. 229

быть касательной к одной из данных пересекающихся поверхностей в точке n' и пересекаться с образующими другой поверхности, например, с образующими $I — I$.

Если поверхности двух конусов (рис. 229, *а*) описаны около шара, то они касаются шара по двум окружностям. Окружности пересекаются в двух точках, которые проецируются на фронтальную плоскость проекций в точку P. Плоскости, в которых лежат эти окружности, пересекаются по прямой, соединяющей точки пересечения линий касания конусов с шаром. Окружности проецируются на фронтальную плоскость проекций в виде прямых линий.

Соединив очевидную точку s' пересечения конусов с точкой p', получим линию пересечения конусов с шаром, которая представляет собой фронтальную проекцию эллипса.

Разберем второй подобный пример. Если два прямых круговых цилиндра с осями, пересекающимися в точке o' (рис. 229, *б*), описаны около шара с центром в точке o', то фронтальная проекция шара будет окружностью, касательной к контурным образующим цилиндров. Линии пересечения этих цилиндров представляют собой эллипсы, фронтальные проекции которых изображаются в виде прямых линий $a'b'$ и $c'd'$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется линией перехода?
2. Что называется линией пересечения поверхностей?
3. В каких случаях поверхности вращения пересекаются по плоским кривым линиям?
4. В чем заключается общий прием решения задач на взаимное пересечение поверхностей?

ГЛАВА 10

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РАЗРЕЗАХ

В разделе «Машиностроительное черчение» имеются подробные сведения о назначении и видах различных разрезов. Здесь даны только основные понятия о простых разрезах на комплексных и аксонометрических чертежах геометрических тел и моделей.

Известно, что линии внутреннего (невидимого) контура полого предмета должны изображаться на чертежах штриховыми линиями.

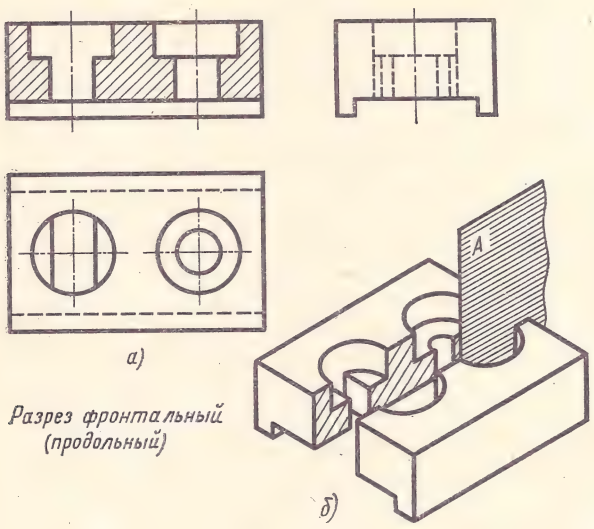


Рис. 230

Если предмет или модель имеет сложные внутренние очертания, то большое количество штриховых линий, которые часто пересекаются со сплошными контурными линиями и между собой, затрудняет чтение чертежа и часто ведет к неправильному представлению о внутренних формах модели. Поэтому на чертежах применяют условные изображения моделей — **разрезы.** В этом случае полую модель мысленно разрезают (рассекают) плоскостью, параллельной какой-либо плоскости проекций — H, V или W.

Часть модели, расположенную перед секущей плоскостью, мысленно удаляют. Остальную часть модели, находящуюся между секущей плоскостью и плоскостью проекций, проецируют на плоскость проекций обычным способом. Тогда линии невидимого контура станут видимыми и будут изображены не штриховыми, а сплошными линиями. Для большей наглядности чертежа фигуру сечения, расположенную в секущей плоскости, заштриховывают сплошными тонкими линиями.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся на **вертикальные** и **горизонтальные.**

При вертикальном разрезе секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Вертикальный разрез называется **фронтальным,** если секущая плоскость A параллельна плоскости V (рис. 230, *а* и *б*), и **профильным,** если секущая плоскость параллельна плоскости W (рис. 231, *а* и *б*).

При горизонтальном разрезе секущая плоскость параллельна плоскости H (рис. 232, *а* и *б*).

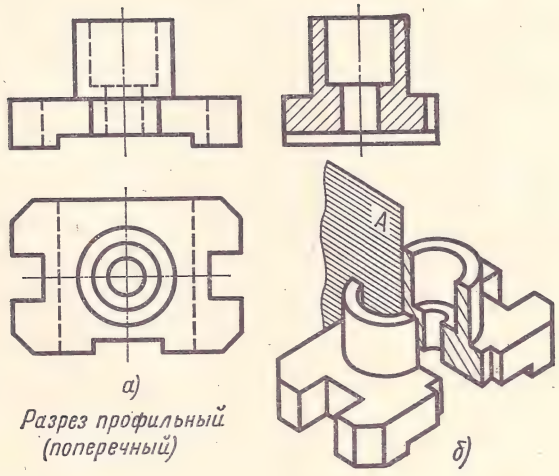


Рис. 231

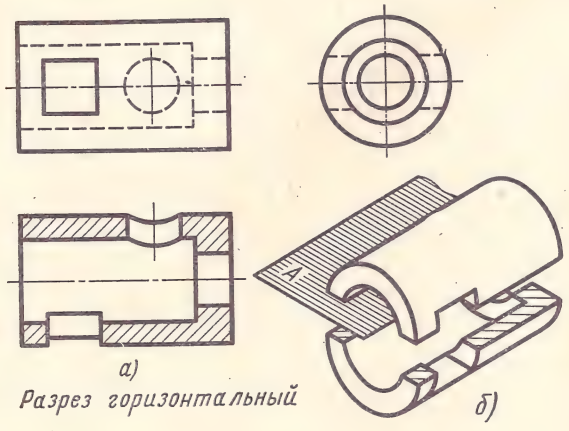


Рис. 232

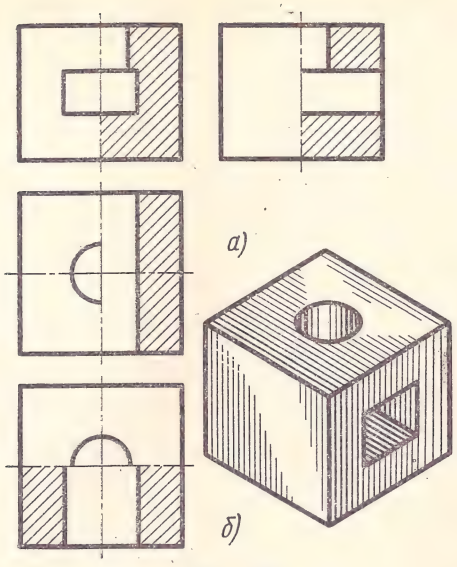


Рис. 233

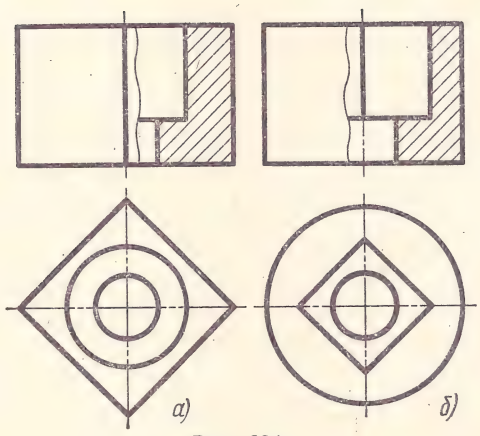


Рис. 234

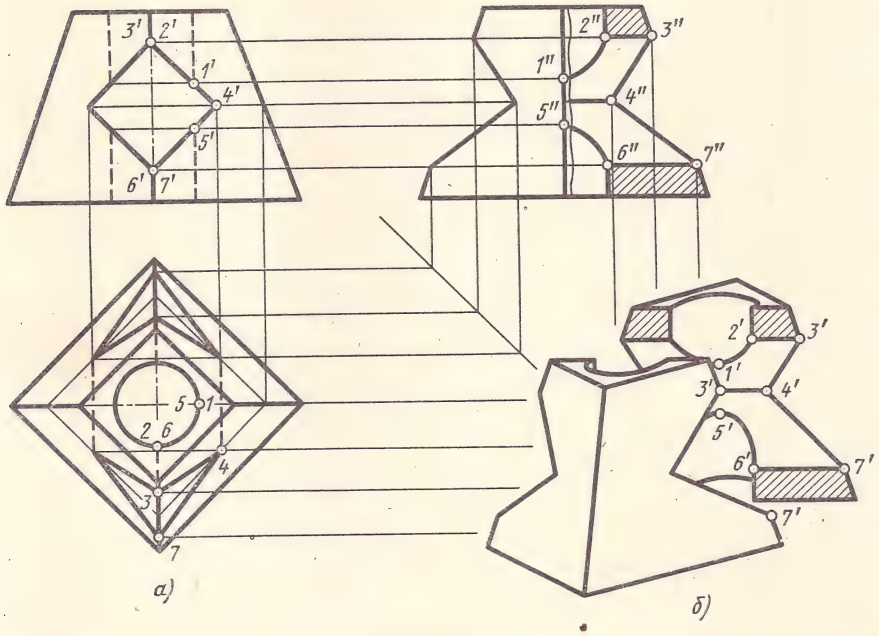


Рис. 235

Разрезы называются **продольными,** если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты модели, и **поперечными,** если секущие плоскости перпендикулярны длине или высоте модели.

Например, разрез фронтальной плоскостью может быть выполнен таким образом (рис. 230, *б*), что секущая плоскость *А* разрезает модель по оси симметрии. Переднюю часть модели (перед секущей плоскостью) мысленно удаляют, а остальную часть проецируют на плоскость *V*, при этом вычерчивают все линии, расположенные как в секущей плоскости, так и за ней (рис. 230, *а*). Фигуру сечения заштриховывают сплошными тонкими линиями под углом 45° к оси *x*. Таким же образом выполняют разрез модели профильной плоскостью (рис. 231, *б*).

Горизонтальный разрез показан на рис. 232, *б*.

При изображении такого разреза на плоскости H удаляют верхнюю часть детали, расположенную над секущей плоскостью (рис. 232, *а*).

На различных проекциях данной модели разрезы могут быть выполнены различными секущими плоскостями.

Если какая-либо проекция модели представляет собой фигуру, имеющую ось симметрии (рис. 233), то при выполнении разреза можно соединить часть вида (с левой стороны от оси симметрии) с частью разреза (с правой стороны от оси симметрии). Когда разрез делается горизонтальной плоскостью, можно также соединять часть вида с частью разреза, располагая при этом разрез справа от вертикальной оси симметрии (рис. 233, *а*) или снизу от горизонтальной оси симметрии (рис. 233, *б*).

Половину вида от половины разреза отделяет штрихпунктирная осевая линия (ось симметрии).

Если на наружной поверхности предмета расположена какая-либо контурная линия, совпадающая с осью симметрии, например, ребро призмы (рис. 234, *а*), то разрез делают несколько меньше половины.

Если подобная проекция контурной линии лежит на оси симметрии внутренней поверхности предмета (рис. 234, *б*), то разрез делают несколько больше половины.

В этих случаях линию раздела вида и разреза изображают проведенной от руки тонкой сплошной волнистой линией.

При выполнении разрезов необходимо ясно представлять себе внешнюю и внутреннюю формы модели.

На рис. 235, *а* и *б* показана модель, внутренние и наружные поверхности которой пересекаются.

При построении проекций этой модели необходимо представить себе, где и какие поверхности взаимно пересекаются и какие надо выполнить разрезы. Только после этого можно приступить к построению чертежа.

В данном примере пересекаются поверхности пирамиды, призмы и цилиндра. Разрез выполнен только профильный. При этом разрез показан несколько меньше половины, так как ребро четырехгранной пирамиды расположено на внешней поверхности модели и совпадает с осью симметрии.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое разрез и с какой целью он выполняется?
2. Какие разрезы являются продольными и поперечными?
3. Как наносится штриховка фигур сечения?

ГЛАВА 11

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ И ДЕТАЛЕЙ

При построении аксонометрических проекций моделей и деталей используют все правила построений, изложенные в гл. 6, где были рассмотрены аксонометрические проекции точек, линий, фигур и геометрических тел.

Обозначение аксонометрических осей по ГОСТу 2.317—69 выполняется без штрихов (т. е. не x', y' и z', а x, y и z).

Как и на комплексных чертежах, полые модели и детали выполняют в аксонометрии с разрезами. Это показано на рис. 236, где изображена деталь с отверстиями в разрезе.

Если окружность неполная, то для ее изображения вычерчивают тонкой линией полный овал, а затем обводят контурной линией нужную часть овала (рис. 236).

Если предмет, например полая четырехгранная призма (рис. 237, *а*), имеет оси симметрии, то на аксонометрическом изображении может быть вырезана четверть призмы двумя плоскостями. На рис. 237, *б* показан разрез призмы двумя плоскостями — вертикальной P и горизонтальной K, а на рис. 237, *в* — фронтальной P_2 и профильной P_1. Расположение секущих плоскостей на аксонометрической проекции должно быть таким, чтобы места разреза (фигуры сечения) были видимы полностью.

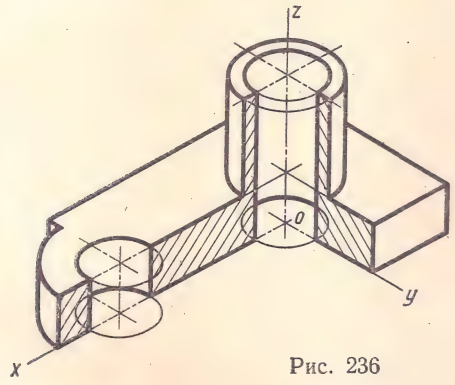


Рис. 236

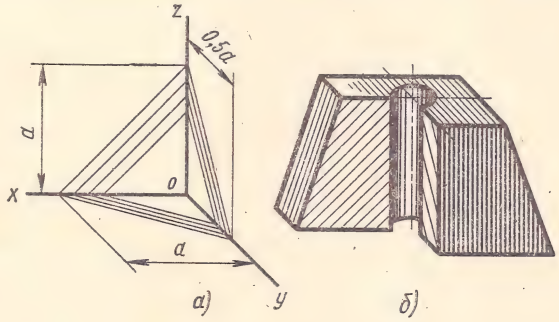


Рис. 238

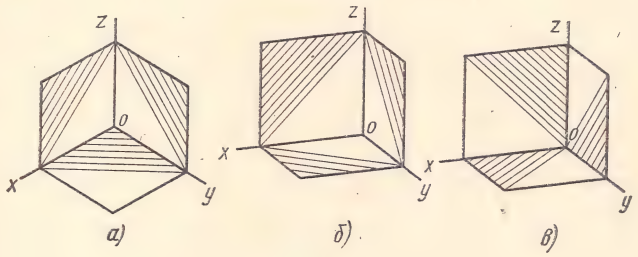
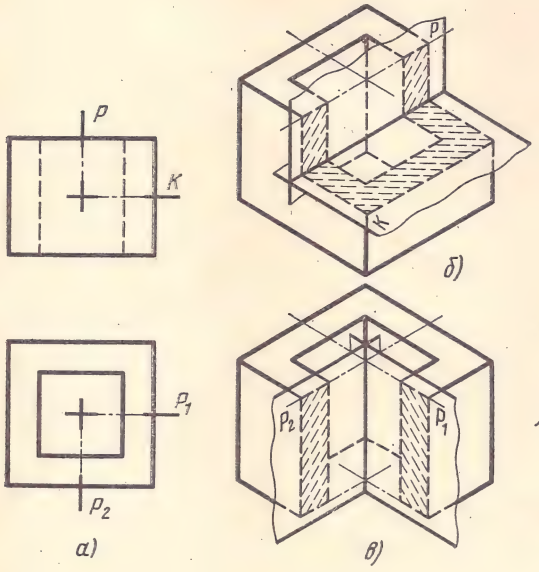


Рис. 239

Разрезы заштриховывают тонкими параллельными прямыми линиями под углом 60° к горизонтальной прямой (рис. 237, *г*). На рисунке видно, какое должно быть направление штрихов при разрезах различными плоскостями. Если секущая плоскость параллельна плоскости V, то штрихи проводят параллельно направлению AB.

Если секущая плоскость параллельна плоскости W, то штрихи должны быть параллельны прямой BC. Фигура сечения горизонтальной плоскостью (параллельной плоскости H) штрихуется горизонтальными штрихами, параллельными прямой AC.



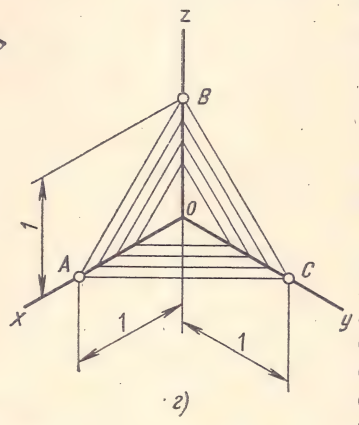


Рис. 237

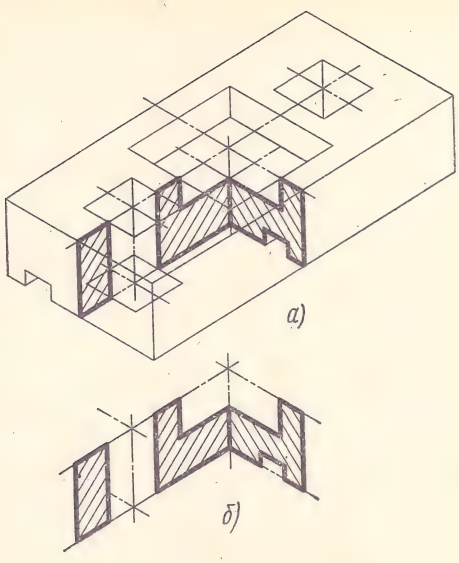


Рис. 240

Штриховка при разрезах во фронтальной косоугольной изометрической проекции показана на рис. 238, *а* и *б*. Направление штриховки находят откладывая по осям *ox* и *oz* любые отрезки *a* одинаковой длины, а по оси *oy* — половину отрезка *a* (0,5*a*). Аналогично выполняют штриховку в прямоугольной диметрической проекции.

Таким образом, линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей аксонометрических проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях. Стороны квадратов должны быть параллельны аксонометрическим осям (рис. 239).

Разрезы в аксонометрических проекциях можно строить двумя способами.

1-й способ. Вначале строят аксонометрическую проекцию всего предмета, а затем выполняют разрез и удаляют часть изображения предмета, находящуюся между глазом наблюдателя и секущими плоскостями (рис. 240, *а*).

2-й способ. По данному комплексному чертежу предмета сначала строят аксонометрические проекции фигур сечения, а затем дочерчивают части изображения предмета, расположенные за секущими плоскостями (рис. 240, *б*).

Второй способ упрощает построение, освобождает чертеж от лишних линий и является полезным упражнением в освоении форм и изображений предметов.

Аксонометрические проекции предмета получаются более наглядными, если их покрыть штрихами (рис. 241, *а* — *з*). При нанесении штрихов считают, что лучи света падают на предмет справа и сверху (по стрелке *A*) или слева и сверху.

Освещенные поверхности штрихуют тонкими линиями на большом расстоянии друг от друга, а теневые — более толстыми линиями, располагая их чаще. Боковые поверхности пирамиды и конуса штрихуют линиями, проходящими через их вершину.

На изображения сферических поверхностей и поверхностей вращения наносят криволинейные штрихи (части концентрических окружностей) разной толщины и с разными промежутками между штрихами. Эта штриховка является простой.

Иногда изображения геометрических тел покрывают шраффировкой, которая представляет собой сложную штриховку, например, в виде сетки (рис. 241, *ж*, *з*). Освещенные поверхности предмета покрывают тонкими линиями шраффировки. По мере приближения к затемненным местам эти линии утолщают. Кроме того, ближние к наблюдателю контурные линии предмета выполняют более толстыми, чем удаленные.

Приведем пример построения изометрической проекции кронштейна по данному комплексному чертежу этой детали (рис. 242).

Деталь расчленяют мысленно на две части — нижнюю и верхнюю. Вначале строят нижнюю часть детали (рис. 242, *б*). Сопряжение сторон прямого угла выполняют построением изометрических проекций дуг окружностей радиусов *r* в виде частей овалов. К нижней части детали пристраивают верхнюю часть (рис. 242, *в*). Цент-

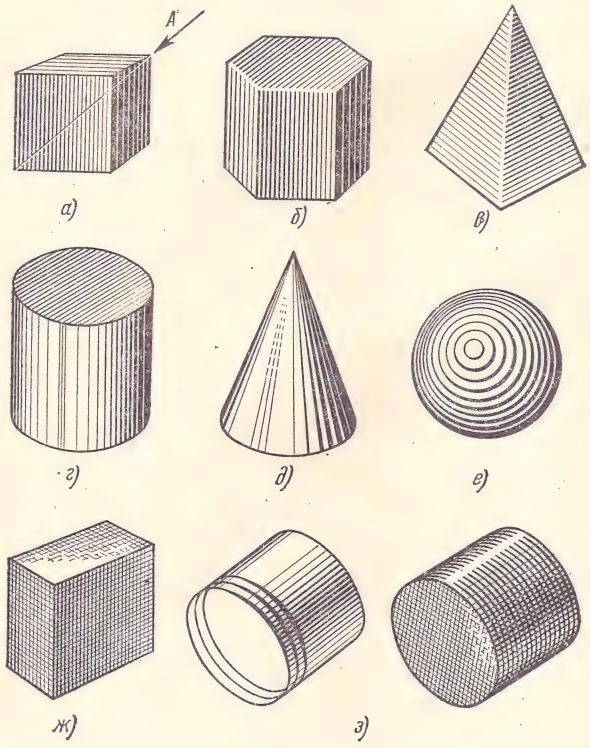
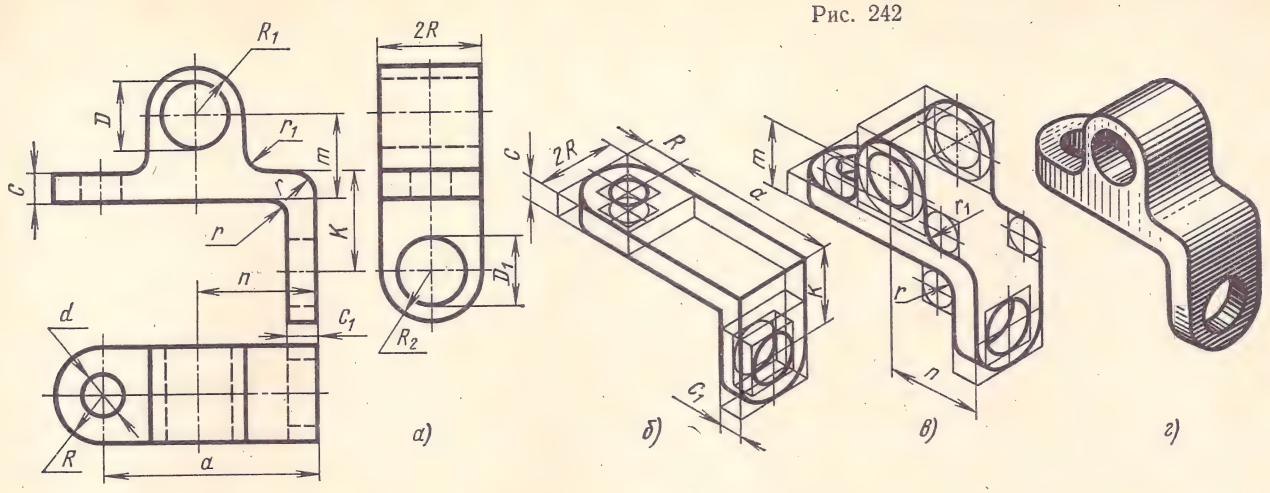


Рис. 241

Рис. 242



ры овалов всех отверстий находят по координатам, указанным на рис. 242, *а*.

Удалив линии построения, кроме осевых линий отверстий, изображение детали покрывают штриховкой (рис. 242, *г*).

На рис. 243 показана прямоугольная диметрическая проекция стойки и последовательность выполнения этого изображения.

Как и при вычерчивании в изометрии, деталь мысленно расчленяют на отдельные простейшие геометрические элементы, в данном примере — на прямоугольные параллелепипеды разной высоты (рис. 243, *а*). Эти параллелепипеды, примыкающие друг к другу, строят, откладывая длины ребер параллельно осям x, y и z, причем параллельно оси y откладывают половину соответствующей длины ребра. Находят положения центров отверстий в детали, используя метод координат, и строят овалы. Разрез детали выполняют двумя плоскостями, параллельными

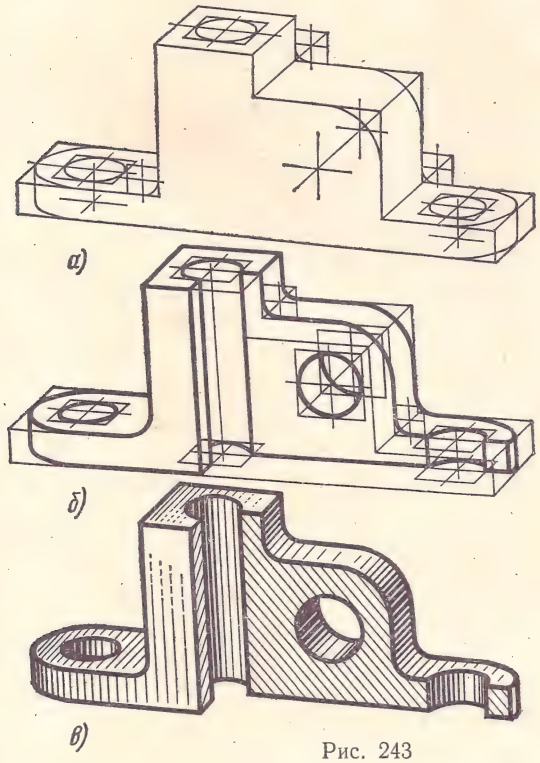


Рис. 243

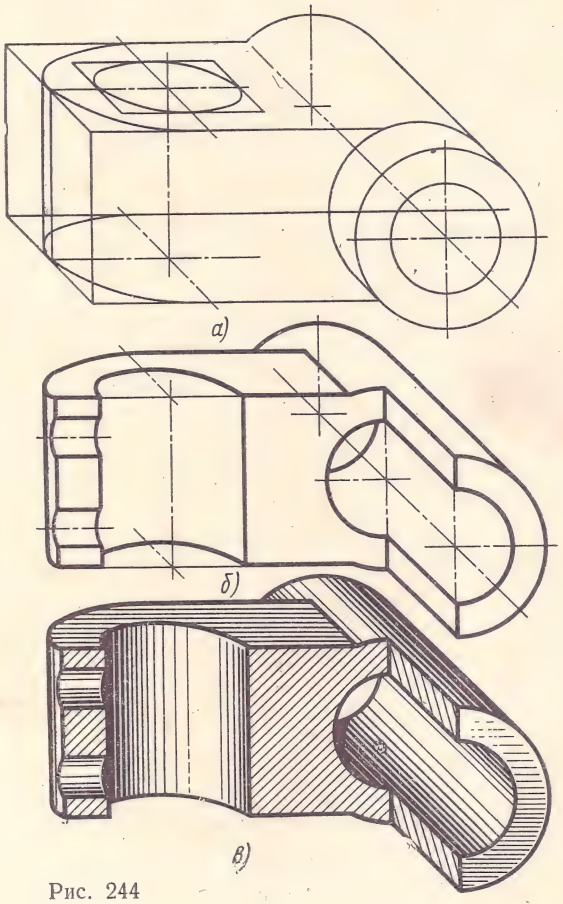


Рис. 244

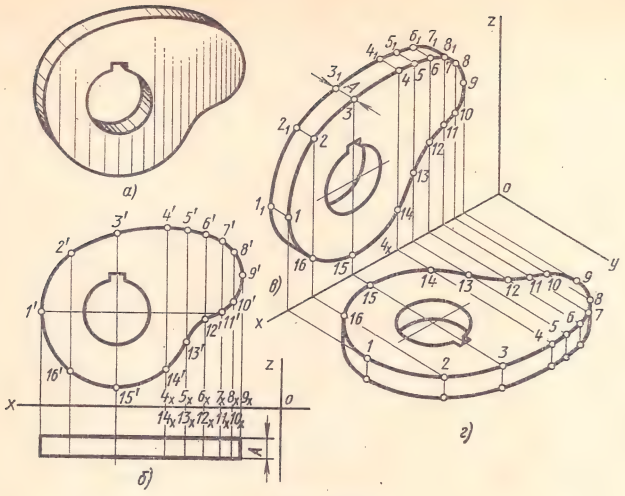


Рис. 245

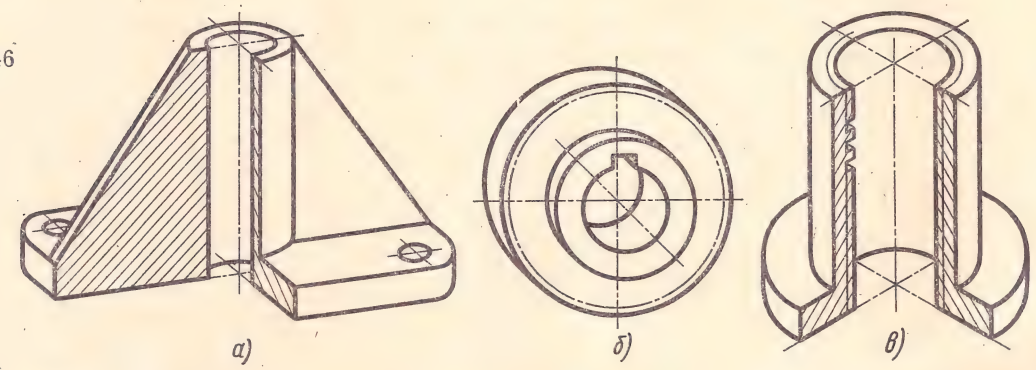
На главном виде (рис. 245, *б*) намечают ряд точек *1′—16′* с координатами *x* и *z* и строят изометрические проекции этих точек.

Для построения, например, изометрии точки *4* (рис. 245, *в*) от начала координат *o* откладывают по оси *ox* координату x_4 этой точки (отрезок $o4_x$). Затем из конца отрезка — точки 4_x параллельно оси *oz* проводят прямую, на которой откладывают вторую координату z_4 этой точки — отрезок $4_x4'$.

Через построенные изометрические проекции точек *1—16* контура кулачка проводят по лекалу кривую линию.

В направлении, параллельном оси *oy*, от найденных точек *1—16* проводят прямые линии, на которых откладывают отрезки, равные толщине *A* кулачка, и получают контур 1_1—8_1 другой плоскости, который также обводят по лекалу.

Рис. 246



плоскостям *V* и *W*. На таком разрезе видно, что отверстия с вертикальными осями — цилиндрические сквозные. Затем удаляют линии построения, контур изображения обводят сплошной основной линией (рис. 243, *б*) и выполняют штриховку фигур сечения. Для наглядности изображения поверхность детали покрывают штриховкой (рис. 243, *в*).

В данном примере расположение аксонометрических осей отличается от ранее указанного. Подобное расположение осей допускается по ГОСТу.

При построении диметрических проекций тел и деталей следует располагать деталь таким образом, чтобы ее длинная сторона не была параллельна оси *y*, иначе изображение детали в диметрии может получиться сильно искаженным.

Последовательность построения детали — крестовины натяжного ролика — во фронтальной диметрической проекции показана на рис. 244.

Рассмотрим построение изометрической проекции плоской детали криволинейного очертания, например, кулачка (рис. 245, *а*), расположенного параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 245, *б*).

Аналогично строят изометрическую проекцию кулачка, плоскости которого параллельны горизонтальной плоскости проекций (рис. 245, *г*)

Наиболее просто построение контура детали криволинейного очертания во фронтальной косоугольной диметрической проекции, так как в этой проекции деталь изображается без искажений.

В аксометрических проекциях спицы маховиков, шкивов, ребра жесткости и другие подобные элементы в продольных разрезах штрихуют (рис. 246, *а*).

При выполнении в аксометрических проекциях зубчатых колес, реек, червяков и подобных элементов (рис. 246, *б*) допускается применять условности по ГОСТу 2.402—68. Резьбу в аксонометрических проекциях изображают по ГОСТу 2.311—68. Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично (рис. 246, *в*).

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, а размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (см. рис. 242).

ГЛАВА 12

ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

§ 1. РИСУНКИ ПЛОСКИХ ФИГУР И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

При конструировании машин нередко приходится быстро выполнять наглядные изображения деталей для того, чтобы легче представить себе их форму. Подобные изображения выполняются и в учебных условиях при зарисовке детали с натуры. Процесс выполнения таких изображений называется техническим рисованием.

Для приобретения навыков в техническом рисовании необходимо проделать ряд упражнений в проведении линий «от руки», делении отрезков и прямых углов на части без инструментов и т. п.

Обычно технический рисунок детали выполняется в изометрической (рис. 247, *а*), фронтальной (рис. 247, *б*) или в центральной проекции (рис. 247, *в*).

Рисунки в центральной проекции (в перспективе) ввиду сложности построения и значительных искажений в машиностроении применяются редко.

Упражнения в проведении прямых линий выполняют на нелинованной бумаге мягким карандашом. Необходимо научиться быстро и точно проводить прямые линии под углами 30 и 45° к горизонтали. Такие линии встречаются в изометрической и фронтальной проекциях.

Построение углов и проведение параллельных прямых без применения чертежных инструментов показано на рис. 248.

Изображения во фронтальной диметрической проекции требуют упражнений в проведении от

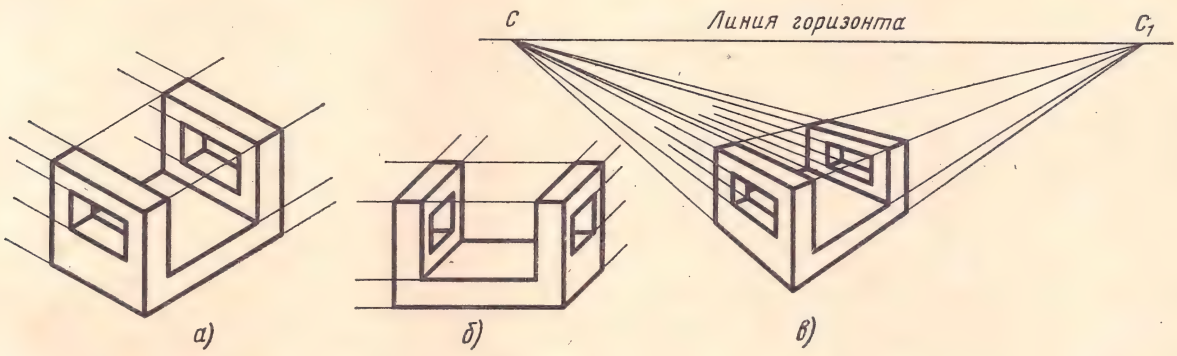


Рис. 247

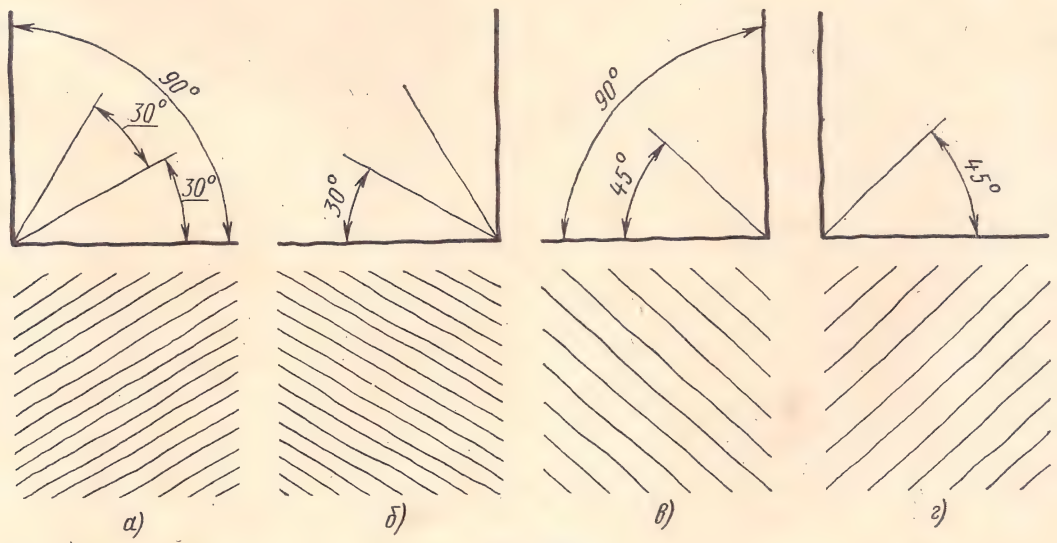


Рис. 248

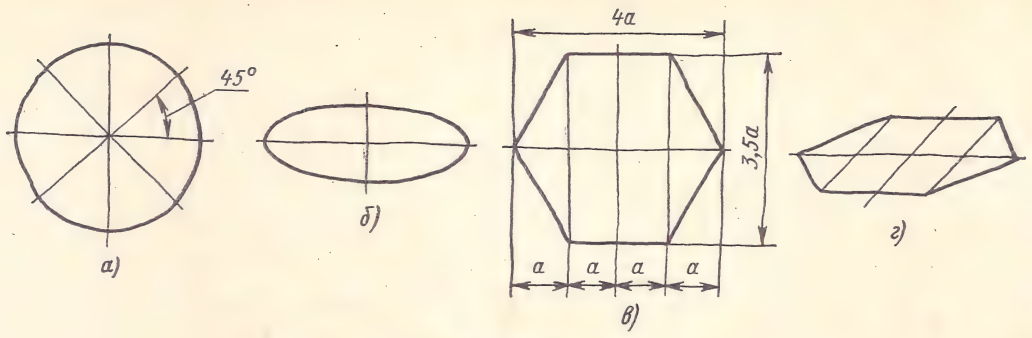


Рис. 249

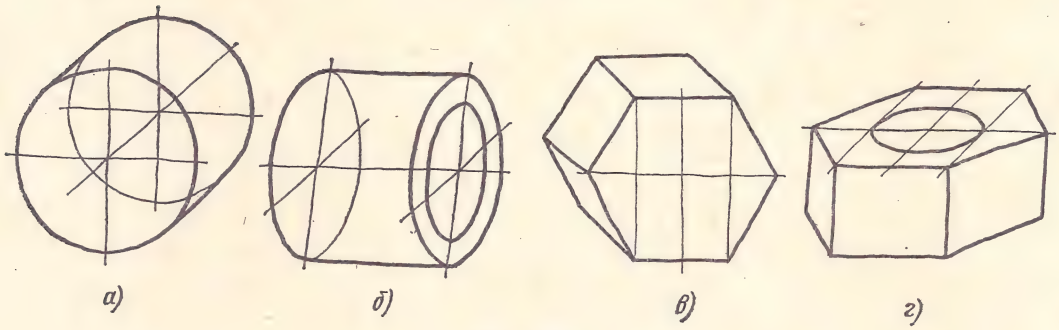


Рис. 250

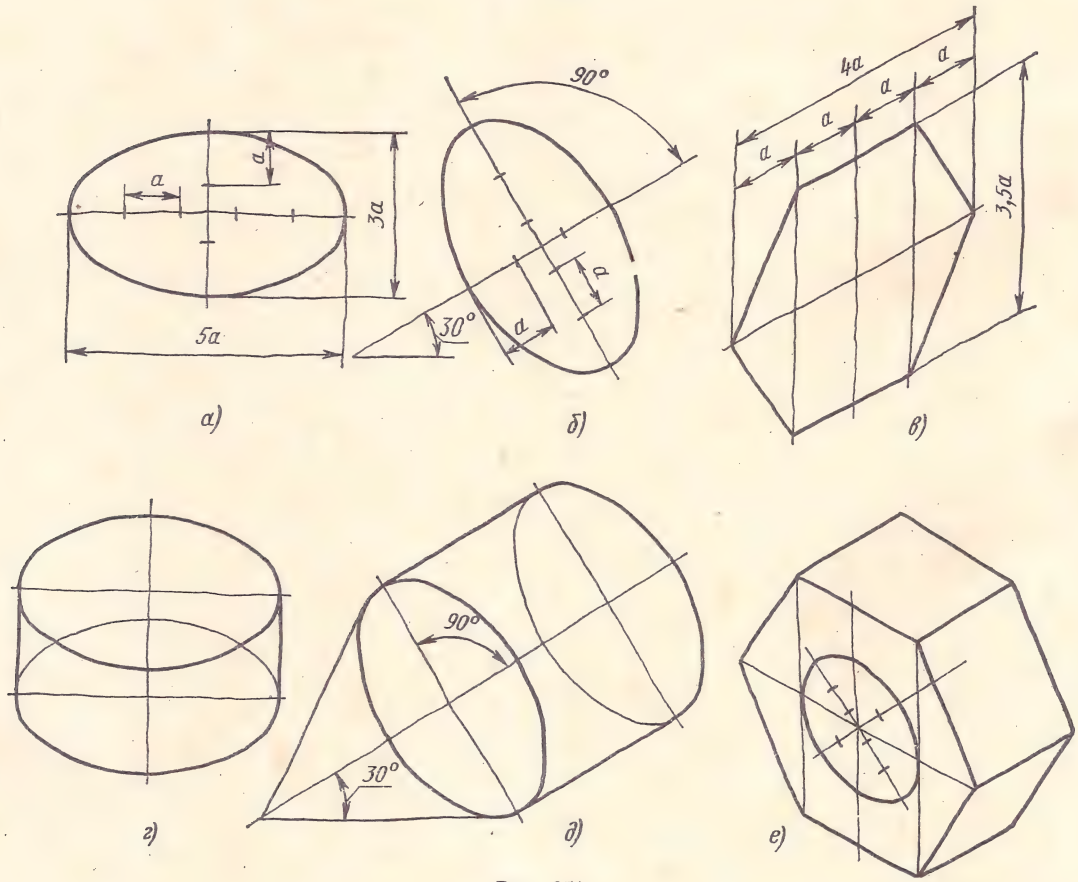


Рис. 251

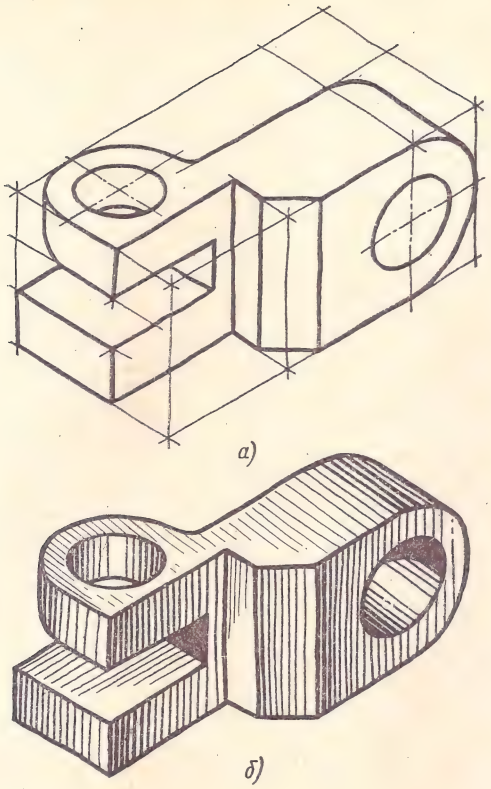


Рис. 252

руки окружностей и овалов. Для изображения окружности предварительно намечают две взаимно перпендикулярные (вертикальную и горизонтальную) оси; через центр под углом 45° к горизонтали проводят еще две взаимно перпендикулярные линии. От центра на осях и линиях откладывают «на глаз» одинаковые отрезки, равные радиусу окружности (рис. 249, *а*). Овал выполняется от руки после предварительного проведения его осей (рис. 249, *б*).

Рисование фигур, например правильного шестиугольника (рис. 249, *в*), часто встречается при изображении гаек и других подобных деталей. Рисунок надо начинать также с проведения вертикальной и горизонтальной осей симметрии. На горизонтальной оси симметрии откладывают четыре равных отрезка *а*, на вертикальной линии — приблизительно 3,5 таких же отрезка и намечают на рисунке вершины и стороны шестиугольника.

Изображение такого же шестиугольника в горизонтальной плоскости с сокращением размеров по оси *y* приведено на рис. 249, *г*.

Проделав ряд упражнений по рисованию фигур, можно перейти к рисованию геометрических тел. Использование приемов рисования окружности, овала и шестигранника при зарисовке разных тел показано на рис. 250.

Более основательно необходимо изучить рисование овалов в изометрии. Если овал изображает окружность, расположенную в горизонтальной плоскости (рис. 251, *а*), то его рисуют с использованием соотношения размеров длин осей. Длина большой оси примерно равна пяти отрезкам *а*, длина малой — трем отрезкам *а*.

Если овал расположен в профильной плоскости (рис. 251, *б*), то предварительно («на глаз») проводят направление малой оси под углом 30° к горизонтали, а затем — направление большой оси под углом 90° к малой. Откладывая по направлению осей отрезки *а*, намечают контур овала.

Рисунок правильного шестигранника (рис. 251, *в*) начинают также с проведения осей симметрии. На оси, проведенной под углом 30° к горизонтали, откладывают четыре равных отрезка, на вертикальной — приблизительно 3,5 таких отрезка и намечают вершины и стороны шестиугольника.

На рис. 251, *г* и *д* приведены технические рисунки двух цилиндров, а на рис. 251, *е* — рисунок заготовки шестигранной гайки.

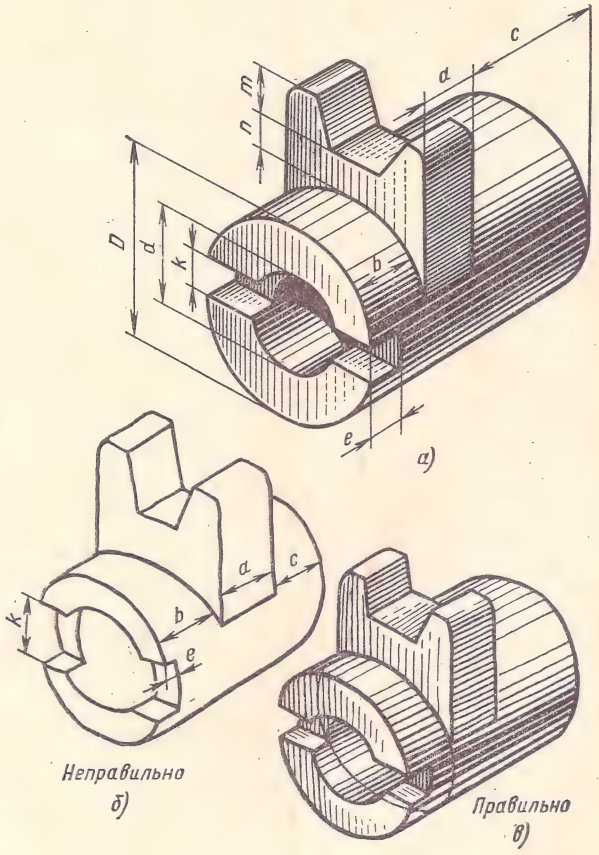


Рис. 253

§ 2. РИСУНКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Выполнение рисунка детали (рис. 252, *а*) начинают с построения его габаритного очертания — «клетки», выполняемой «от руки» тонкими линиями (в данном примере габаритная «клетка — это прямоугольный параллелепипед). Затем деталь мысленно расчленяют на отдельные геометрические элементы, постепенно зарисовывая все элементы (части) детали, и наносят штриховку или шраффировку (рис. 252, *б*).

С помощью разрезов можно показать внутреннюю форму детали. Приемы выполнения разрезов даны в разделе аксонометрических проекций.

Зарисовывая деталь с натуры (например, кулачок, рис. 253, *а*), надо не только внимательно рассмотреть форму, но и сравнить размеры отдельных элементов детали. Например, изображенный на рис. 253, *б* рисунок кулачка выполнен без соблюдения пропорций детали. Постоянное расстояние между дугами окружностей, равное b, не выдержано, поэтому линия пересечения плоского выступа кулачка с цилиндром нарисована неправильно. Размер k изображен значительно увеличенным против натуры. Толщина стенки цилиндра уменьшена. Длина прорези e укорочена. Размер a кулачка (рис. 253, *а*) укладывается в расстояние c примерно 2,5 раза, а на рисунке (рис. 253, *б*) — только один раз. На рис. 253, *в* дан рисунок этой детали с учетом ее пропорций.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем отличается технический рисунок от аксонометрических проекций?
2. Какая должна быть последовательность выполнения технического рисунка?
3. Какие правила используются при выполнении технических рисунков?

ГЛАВА 1

ЧЕРТЕЖ КАК ДОКУМЕНТ ЕСКД

§ 1. ОСОБЕННОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРТЕЖА

Машиностроительное черчение базируется на теоретических основах начертательной геометрии и проекционного черчения.

В отличие от проекционного машиностроительное черчение содержит дополнительные сведения по изображению предметов, большое количество упрощений и условностей, которые излагаются в общесоюзных стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Например, машиностроительный чертеж не имеет осей проекций, линий связи и содержит минимум штриховых линий невидимых контуров. На рис. 254, *а* представлен чертеж корпуса редуктора, выполненный по правилам проекционного черчения. На чертеже нанесено большое количество линий связи и штриховых линий. На чертеже предмета более сложной формы количество подобных линий увеличивается, поэтому прочитать такой чертеж трудно, а иногда невозможно. На рис. 254, *б* представлен машиностроительный чертеж этой же детали. На чертеже применены упрощения, поэтому такой чертеж прост и нагляден, легко читается, время на выполнение чертежа сокращается.

На машиностроительных чертежах, кроме изображения изделия, имеются все необходимые данные для его изготовления, например, размеры, технические требования, обозначение шероховатости поверхностей и др.

Цель изучения машиностроительного черчения — подробное ознакомление с упрощениями и условностями, применяемыми на чертежах, получение навыков выполнения эскизов деталей машин, чтение и составление рабочих чертежей деталей машин и сборочных чертежей. Одновременно с этим необходимо изучить стандарты на составление чертежей и ознакомиться со стандартными деталями, которые наиболее широко применяются в машиностроении.

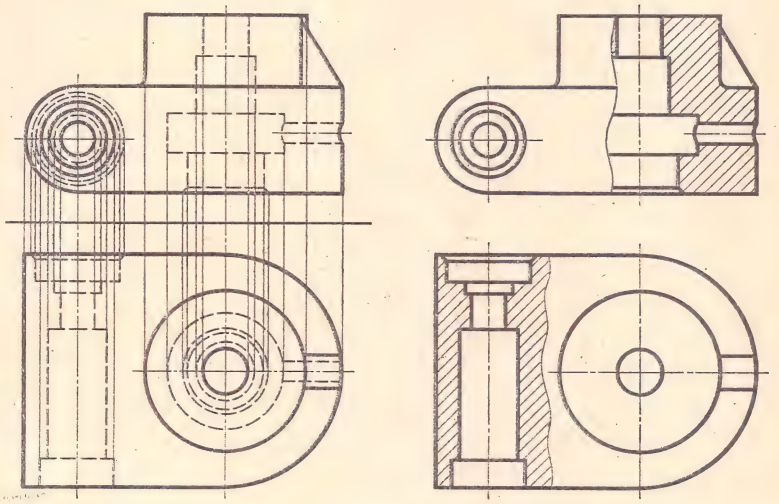
§ 2. ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ

Предмет или набор предметов, изготовляемых на предприятии, называется изделием.

Изделия в зависимости от их назначения делят на **изделия основного производства** и на **изделия вспомогательного производства.**

К изделиям основного производства относятся изделия, подлежащие изготовлению на предприятии и предназначенные для поставки (реализации), например, автомобиль «Москвич», выпускаемый автомобильным заводом им. Ленинского комсомола (рис. 255), или шарикоподшипник, выпускаемый Государственным подшипниковым заводом (рис. 256).

Изделиями вспомогательного производства называются изделия, выпускаемые предприятием для собственных нужд, в основном предназначенные



а) *б)*

Рис. 254

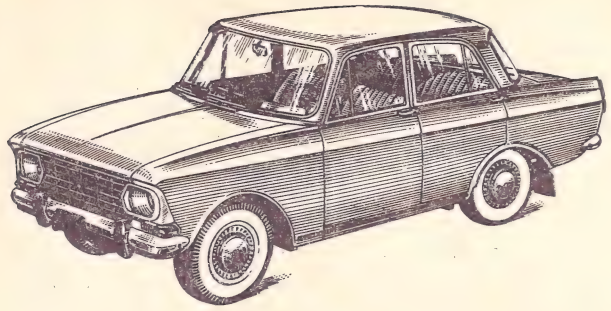


Рис. 255

для изготовления изделий основного производства. К таким изделиям относятся, например, резец с державкой специального назначения (рис. 257), штампы, приспособления к металлообрабатывающим станкам, шаблоны, изготовленные на данном предприятии.

Стандартом (ГОСТ 2.101—68) установлены следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делят на:

а) неспецифицированные (детали) — не имеющие составных частей;

б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы и комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

Деталь представляет собой изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например, маховичок (рис. 258).

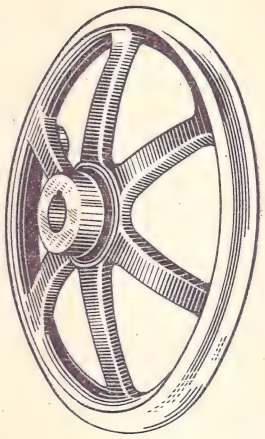


Рис. 258

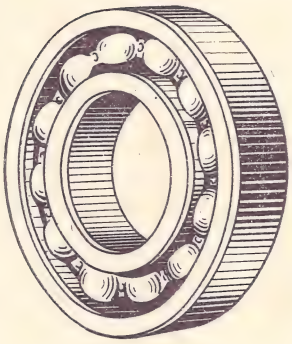


Рис. 256

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой и т. д.), например, рама натяжной станции ленточного транспортера (рис. 259, *а*) или сварная вилка ролика (рис. 259, *б*).

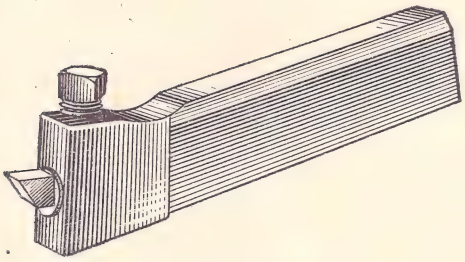


Рис. 257

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуа-

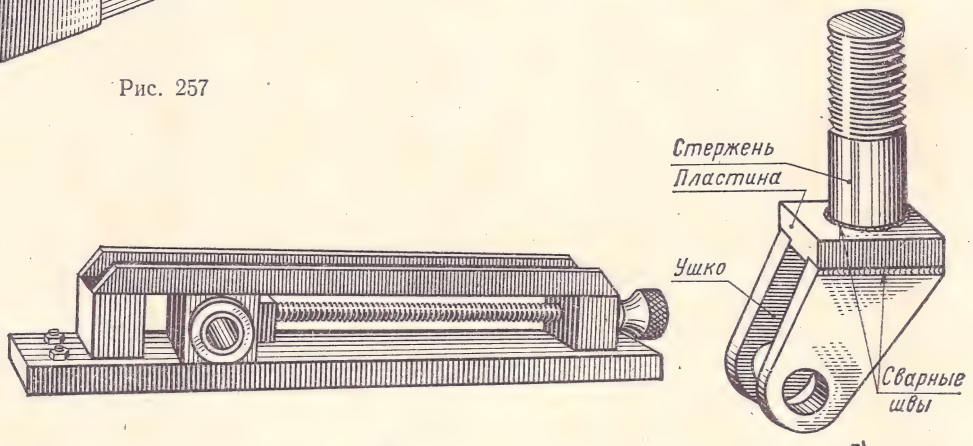


Рис. 259

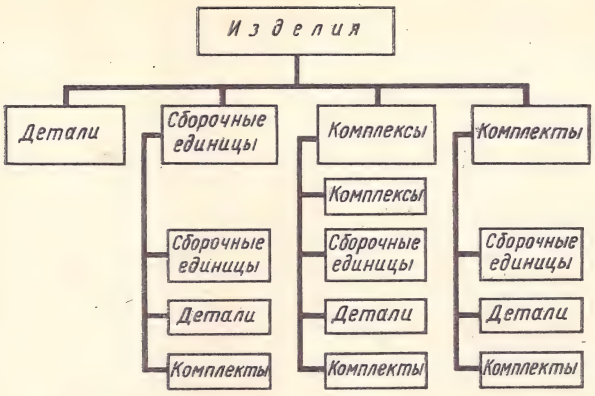


Рис. 260

тационных функций, например, поточная линия станков, автоматическая телефонная станция.

Комплект — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее назначение вспомогательного характера, например, комплект инструмента и принадлежностей для автомашины, комплект запасных частей.

Виды изделий и их структура приведены на рис. 260.

§ 3. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Конструкторскими документами называются графические (например, чертеж, схема) и текстовые (например, спецификация, технические условия) документы, которые определяют состав и устройство изделия и содержат наобходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

ГОСТ 2.102—68 устанавливает виды конструкторских документов на изделиях всех отраслей промышленности. В зависимости от содержания документам присвоены следующие наименования.

1. Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

2. Сборочный чертеж — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят гидро-, пневмо- и электромонтажные чертежи.

3. Чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

4. Габаритный чертеж — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

5. Монтажный чертеж — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия.

6. Схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

7. Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

8. Таблица — документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведенные в таблицу. Например, таблицы составляют для деталей, отличающихся друг от друга только размерами, марками материалов, покрытием и др.

Конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация).

В зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы имеют следующие наименования, установленные ГОСТом 2.102—68.

1. Оригиналы — документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

2. Подлинники — документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий.

3. Дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий.

4. Копии — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускается выполнять в виде эскизных конструкторских документов.

Чертежи деталей основного и вспомогательного производства должны выполняться с учетом способов хранения и внесения изменений в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

§ 4. ОСНОВНЫЕ НАДПИСИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Форма основной надписи чертежа была приведена на рис. 22 (см. гл. 2. § 3). Там же было указано содержание некоторых граф основной надписи.

В остальных графах основной надписи машиностроительного чертежа указывают:

в графе 1 — наименование изделия; наименование записывают в именительном падеже единственного числа, например, «Колесо зубчатое»; переносы слов наименования не допускаются и точка в конце не ставится;

в графе 2 — обозначение документа (чертежа изделия) по ГОСТу 2.201—68;

в графе 3 — обозначение материала, из которого изготовлена деталь (графу заполняют только на чертежах деталей);

в графе 4 — литеру чертежа, которая условно обозначается буквой; учебным чертежам присвоена литера «У»;

в графе 5 — массу изделия;

в графе 6 — порядковый номер листа чертежа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 7 — общее количество листов чертежей; на учебных чертежах в этой графе ставят цифру 1, если чертеж изображен на одном листе;

графы 14—25 на учебных чертежах не заполняют;

в графе 26 — обозначение документа (чертежа), повернутое на 180° для формата 11, а также для форматов больше 11 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и на 90° для форматов больше 11 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа.

Кроме того, с левой стороны рамки чертежа на поле для подшивки и на других сторонах имеются дополнительные графы (см. ГОСТ 2.104—68), которые на учебных чертежах не заполняют.

ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

§ 1. СИСТЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций.

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис. 261, *а*). Грани совмещают с плоскостью (рис. 261, *б*). Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

На рис. 262, *а* представлено расположение видов детали с неудачным использованием поля чертежа. Более рациональное расположение видов той же детали показано на рис. 262, *б*.

Указанная система расположения изображений (рис. 261) называется европейской системой и обозначается буквой Е. Она принята в СССР и большинстве европейских стран.

В США, Англии, Голландии и некоторых других странах на чертежах применяется иное расположение проекций. В этом случае считают, что грани куба (плоскости проекций) являются прозрачными и расположены между глазом наблюдателя и изображаемым предметом (рис. 263, *а*). После совмещения граней куба с плоскостью чертежа расположение проекций предмета на чертеже будет иное (рис. 263, *б*). Такая система называется американской и обозначается буквой А.

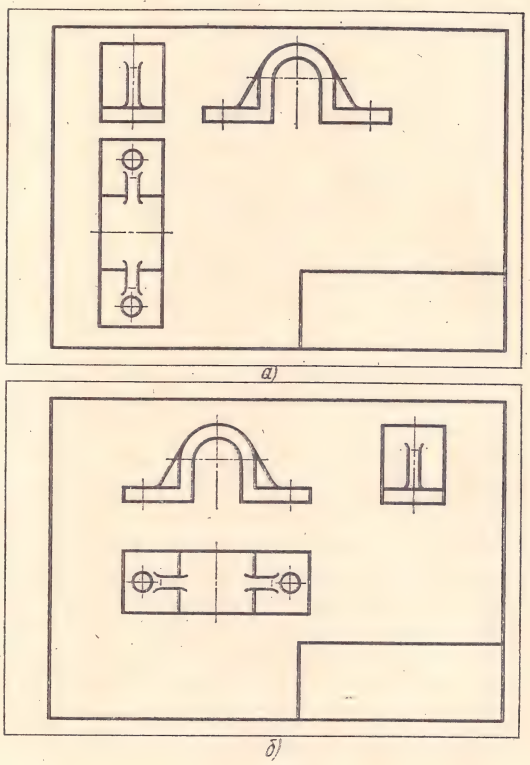


Рис. 262

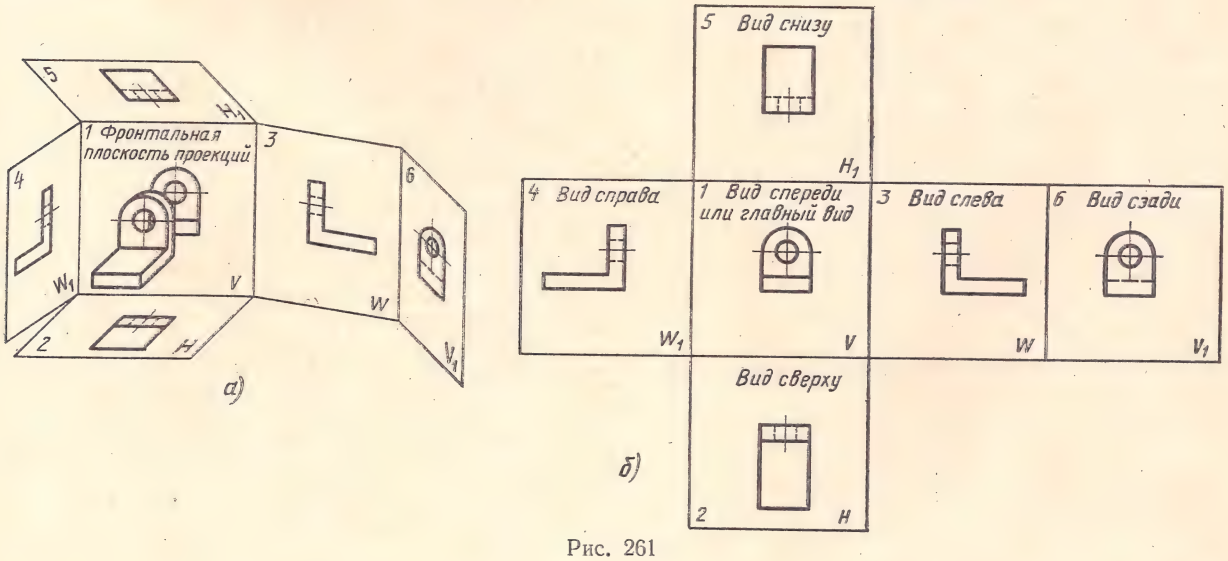


Рис. 261

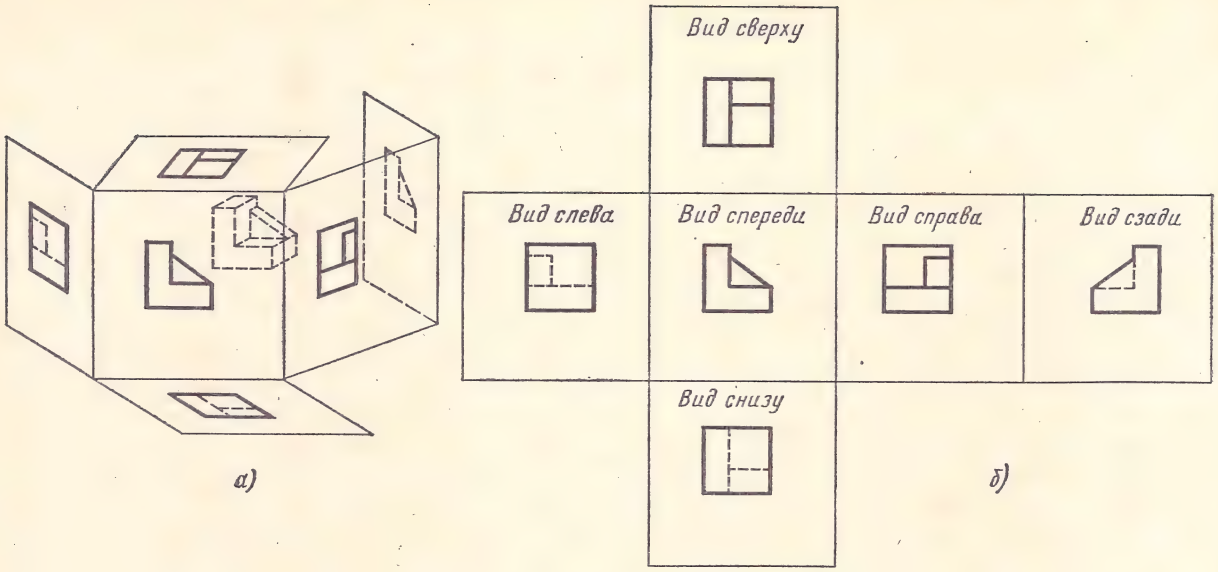


Рис. 263

В этой системе вид сверху расположен не под главным видом, как в системе Е, а над главным видом. Вид слева размещен слева от главного вида. Таким образом, изображения предмета на чертеже будут зеркальными.

Иногда на чертежах указывается различительный символический знак (рис. 264) системы Е или А. Это позволяет избежать ошибок при чтении чертежа. В СССР система А не применяется за исключением чертежей машин, экспортируемых в страны, где применяется система А.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы и сечения.

Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы полностью представить форму предмета и найти все его размеры.

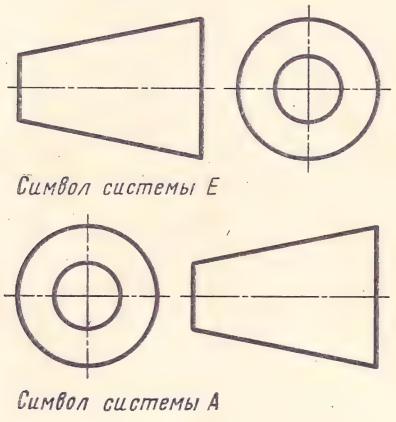


Рис. 264

§ 2. ВИДЫ

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

В машиностроительном черчении различают основные, дополнительные и местные виды. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые части поверхности предмета штриховыми линиями.

Основные виды. ГОСТ 2.305—68 устанавливает шесть названий основных видов, получаемых на шести основных плоскостях проекций:

1 — вид спереди (главный вид);
2 — вид сверху;
3 — вид слева;
4 — вид справа;
5 — вид снизу;
6 — вид сзади.

Виды деталей следует располагать таким образом, чтобы главный вид давал наиболее полное представление о форме детали. Все виды на чертеже должны располагаться в проекционной связи (рис. 261).

Если какой-нибудь вид располагают не в проекционной связи, т. е. смещают относительно главного вида, то этот вид должен быть отмечен на чертеже надписью по типу *Вид А*. Так, например, на рис. 265 вид справа (вид по стрелке *А*) расположен из-за отсутствия места не слева от главного вида, а размещен без проекционной связи внизу. В соответствии с ГОСТом 2. 305—68 над таким видом на чертеже делают надпись *Вид А*. Виды обозначают прописными русскими буквами в порядке алфавита. Размер шрифта

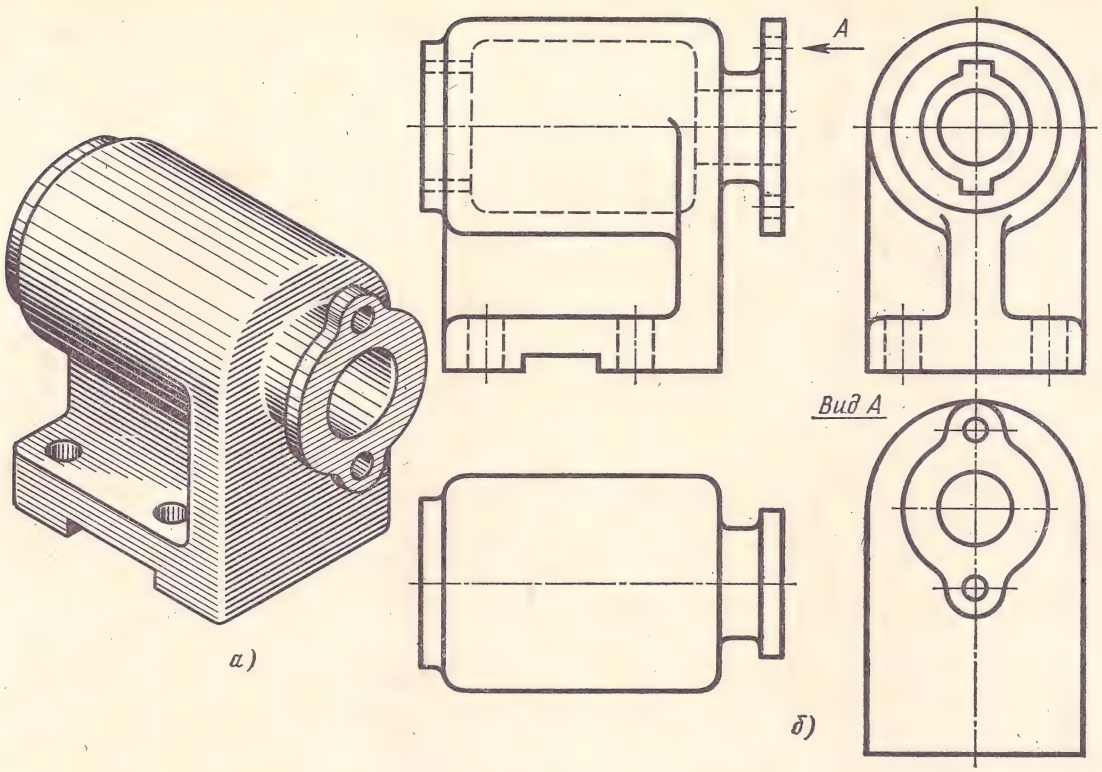


Рис. 265

буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза (см. ГОСТ 2. 316—68).

Надпись типа «*Вид А*» подчеркивают тонкой сплошной линией.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенному на рис. 266.

Местный вид — изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен линией обрыва (верхняя левая часть предмета на рис. 267) или не ограничен (вид Б на рис. 267). Если изображение имеет ось симметрии, допускается показывать его половину (вид *А* на рис. 267).

Если местный вид выполняется в проекционной связи по направлению взгляда (по европейской системе), то стрелку и надпись над видом не наносят. Если местный вид изображен в проекционной связи, но не по направлению взгляда, то такой вид отмечают на чертеже надписью (вид *А* на рис. 267); у изображения детали, связанного с этим видом, ставят стрелку с таким же буквенным обозначением (стрелка *А*).

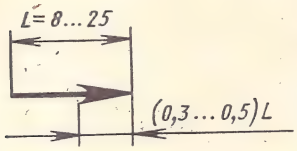


Рис. 266

Дополнительный вид получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций. Дополнительные виды применяются в случаях, когда изображение предмета или его элемента не может быть показано на основных видах без искажения формы и размеров.

На рис. 268, *а* изображена деталь с наклонной боковой площадкой. На виде сверху эта площадка с отверстием изображается в искаженном

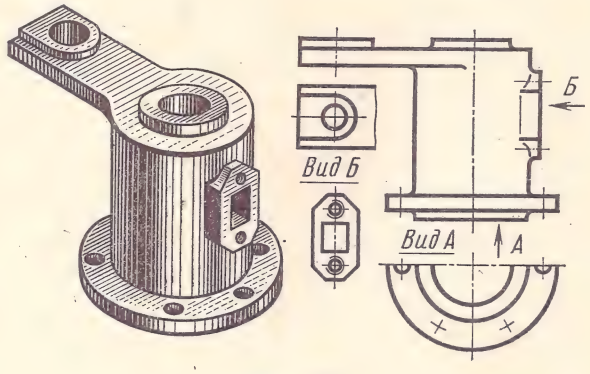


Рис. 267

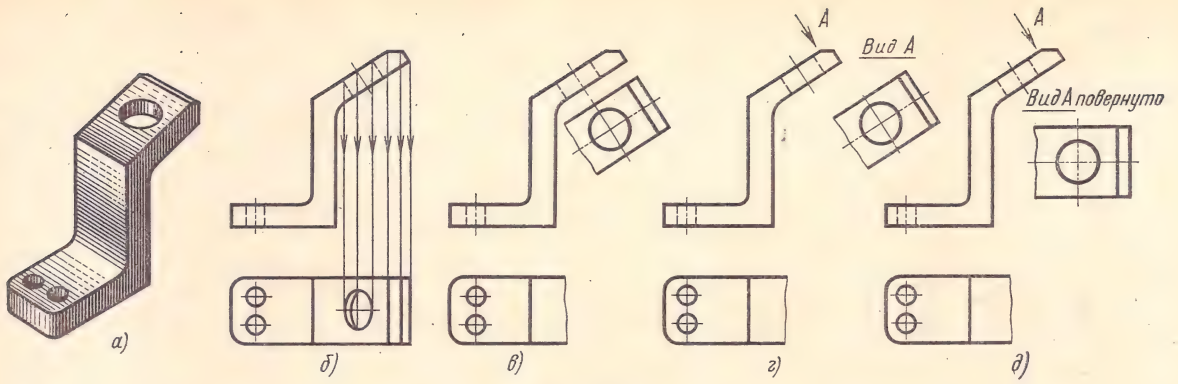


Рис. 268

виде (рис. 268, *б*). В этих случаях наклонные элементы детали проецируют на параллельные им плоскости. Например, если спроецировать наклонную площадку детали (рис. 268, *в*) на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций (на фронтально-проецирующую), то получим действительное изображение и размеры этой площадки. Полученный дополнительный вид является местным, поэтому он ограничен тонкой сплошной линией.

Если вид располагается не в проекционной связи (смещен), то направление взгляда должно быть указано стрелкой *А* и над изображением делается надпись *Вид А* (рис. 268, *г*). Дополнительный вид допускается повертывать. В этом случае к надписи с правой стороны добавляется слово *повернуто*. Надпись *Вид А* подчеркивают тонкой сплошной линией, слово *повернуто* не подчеркивают (рис. 268, *д*).

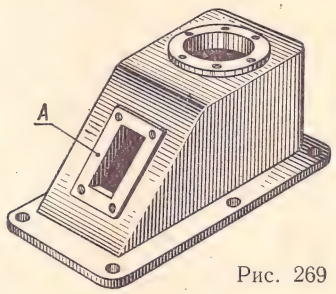


Рис. 269

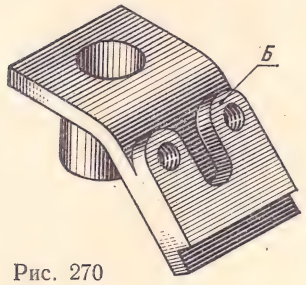


Рис. 270

На рис. 269 и 270 показаны две детали: крышка и кронштейн. Для того чтобы показать на чертеже элементы *А* и *Б* этих деталей без искажения формы и размеров, применяют дополнительные виды.

§ 3. РАЗРЕЗЫ

Для представления о внутренней форме предмета на чертеже применяются линии невидимого контура. Это затрудняет чтение чертежа и часто приводит к ошибкам. Применение условных изображений — разрезов упрощает чтение и построение чертежа.

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе должно быть показано то, что получается в секущей плоскости, и то, что расположено за ней. Отсеченную часть предмета, расположенную между глазом наблюдателя и секущей плоскостью, мысленно удаляют. Внутренние линии контура, изображавшиеся на чертеже штриховыми линиями, на разрезе становятся видимыми и изображаются сплошными линиями. По ГОСТу 2.305—68 допускается изображать не все, что находится за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции детали, о чем подробно будет сказано в § 11.

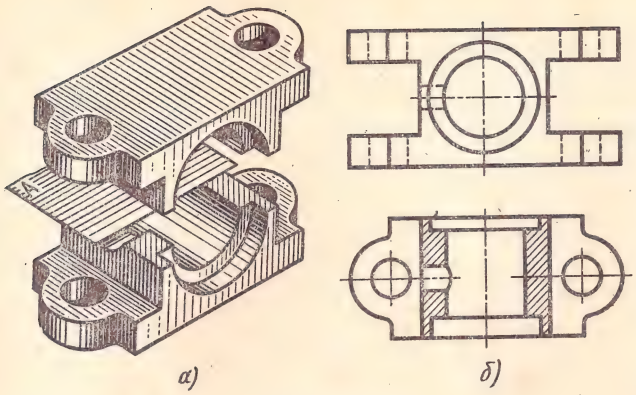
В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на простые (при одной секущей плоскости) и сложные (при двух и более секущих плоскостях).

§ 4. РАЗРЕЗЫ ПРОСТЫЕ

Разрезы, выполненные одной секущей плоскостью, называются простыми.

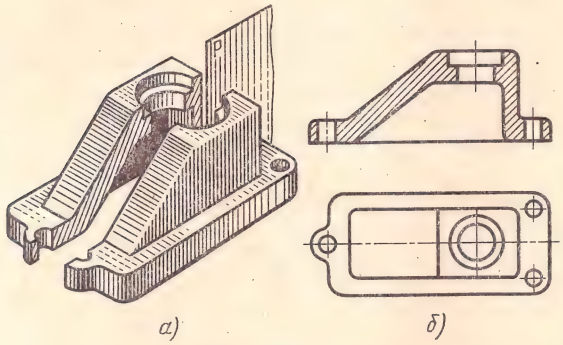
В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

Горизонтальным называется разрез, образованный секущей плоскостью, параллельной гори-



а) *б)*

Рис. 271



а) *б)*

Рис. 272

зонтальной плоскости проекций. Образование горизонтального разреза показано на рис. 271, *а*, где деталь (корпус) рассечена горизонтальной плоскостью. Верхняя половина детали мысленно удалена и на горизонтальной плоскости проекций изображена оставшаяся нижняя часть (рис. 271, *б*). При этом даны все контурные линии, расположенные в секущей плоскости и за секущей плоскостью.

Вертикальным называется разрез, образованный секущей плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций.

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 272, *а*).

В этом случае после рассечения предмета плоскостью *P*, параллельной фронтальной плоскости проекций, его передняя часть мысленно отброшена; оставшаяся часть полностью изображена на фронтальной плоскости проекций (рис. 272, *б*).

Разрез, выполненный плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций, называется **профильным** (рис. 273, *а* и *б*).

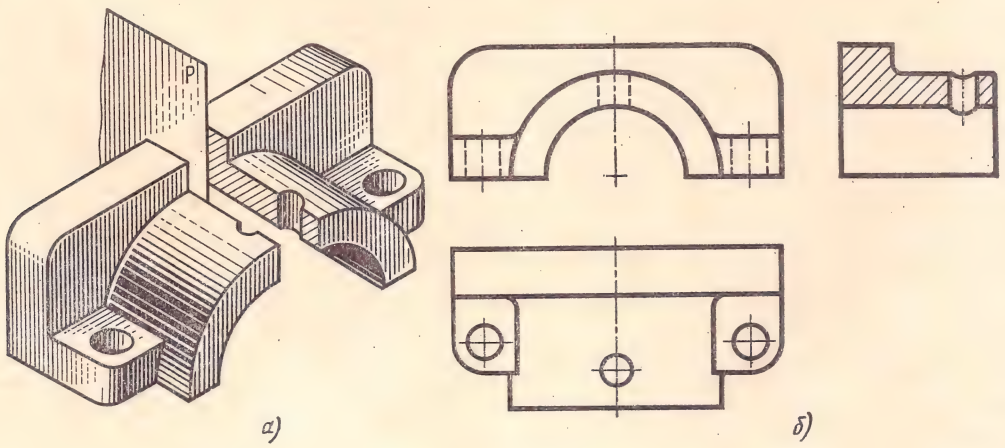
В приведенных примерах разрезы представляют собой несимметричные фигуры. При изображении таких деталей допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их волнистой линией (рис. 274, *а*, *б* и *в*). Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

Если соединяется половина вида и половина разреза, каждая из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией должна служить ось симметрии (рис. 275). В данном примере половину горизонтального разреза можно расположить справа (рис. 275, *а*) или снизу от оси симметрии (рис. 275, *б*).

В случае соединения части вида с частью соответствующего разреза на части вида линии невидимого контура не показывают.

Допускается соединять часть вида с частью соответствующего разреза и в том случае, когда штрихпунктирная линия, их разъединяющая, является осью симметрии не всего изображения, а только части детали, представляющей собой тело вращения (рис. 274, *в*, вид сверху).

При выполнении простых разрезов следует помнить, в каких случаях разрезы обозначаются



а) *б)*

Рис. 273

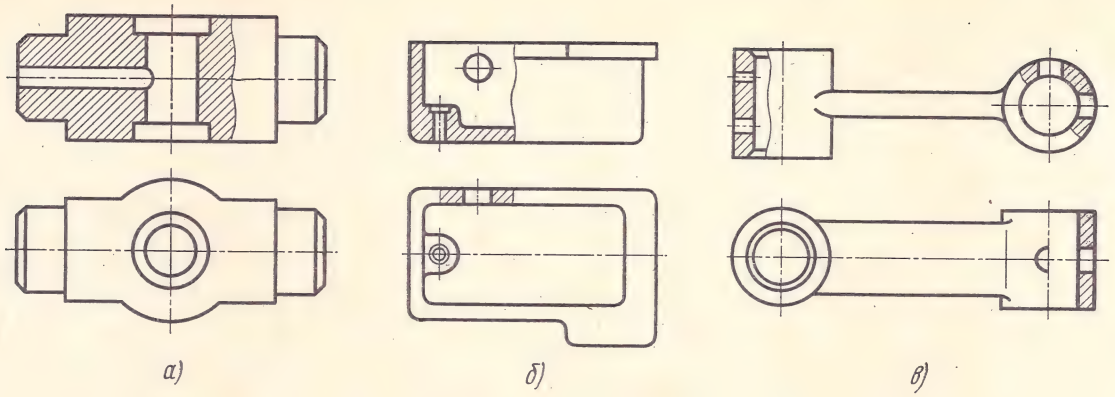


Рис. 274

надписями и в каких не обозначаются. Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе, в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, то для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не отмечают и разрез надписью не сопровождают (см. рис. 272, 273, 274, 275).

В остальных случаях положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения применяется разомкнутая линия (ГОСТ 2.303—68). Толщина штрихов разомкнутой линии равна от s до 1,5 s, где s — толщина сплошной основной линии.

На начальном и конечном штрихах этой линии перпендикулярно к ним ставят стрелки, указывающие направление взгляда (рис. 276). Стрелки наносят на расстоянии 2—3 мм от конца штриха. Линии сечения не должны пересекать контур изображения.

Буквы, обозначающие секущие плоскости, размещают внутри угла, образованного стрелкой и короткой частью штриха разомкнутой линии.

На рис. 276 чертеж несимметричной детали содержит два вертикальных разреза — фрон-

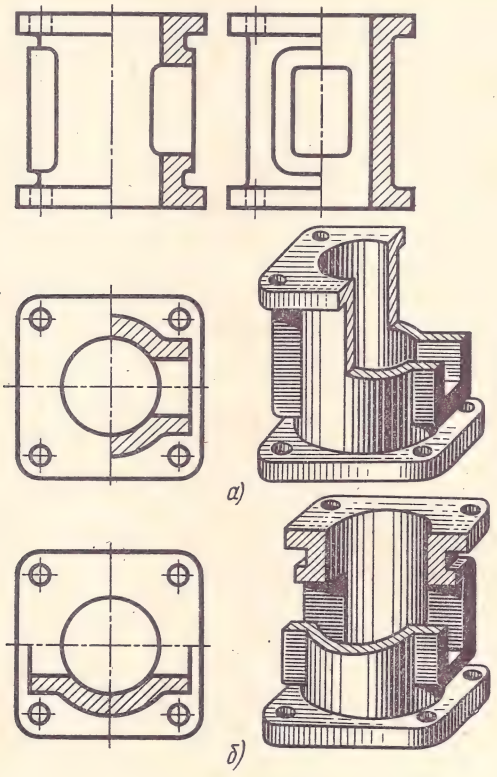


Рис. 275

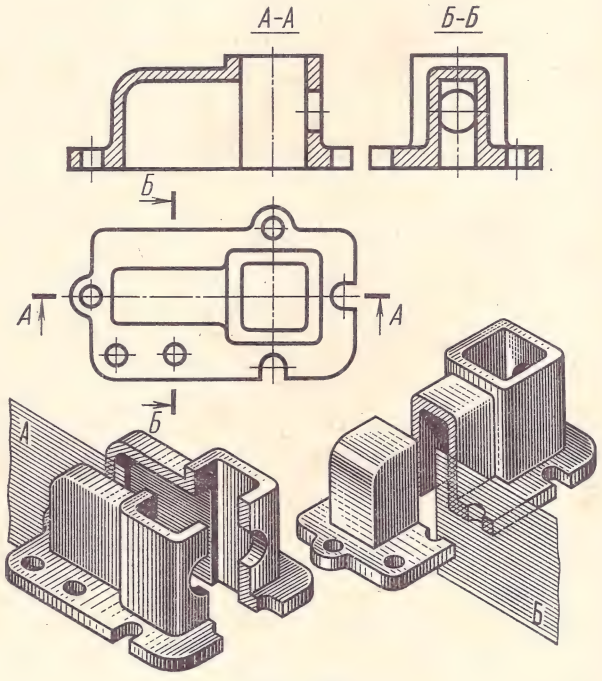


Рис. 276

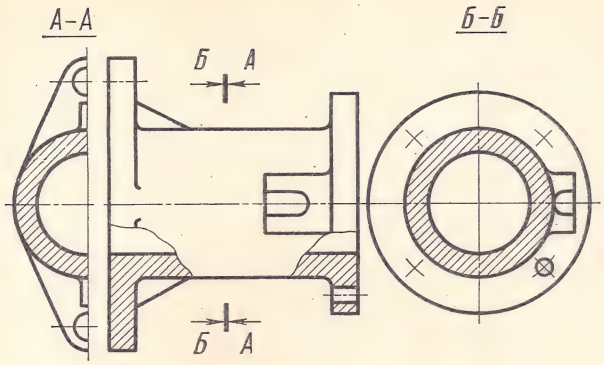


Рис. 277

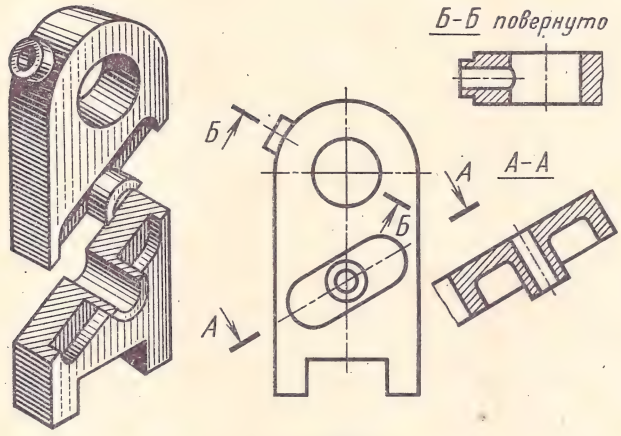


Рис. 278

тальный *А—А* и профильный *Б—Б*. Разрезы отмечены надписями, так как секущие плоскости не являются плоскостями симметрии детали.

При общей секущей плоскости для двух разных разрезов направление секущей плоскости указывается одной линией сечения, но со стрелками, расположенными так, как показано на рис. 277.

Наклонным называется разрез, образованный секущей плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого. Примеры наклонных разрезов приведены на рис. 278. Такие разрезы отмечают надписями типа *А—А* и *Б—Б*.

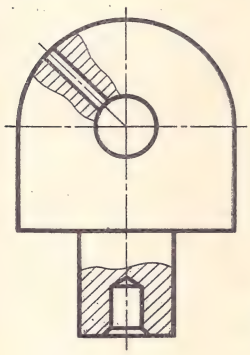


Рис. 279

§ 5. РАЗРЕЗЫ МЕСТНЫЕ

Разрез, служащий для выявления формы предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется местным. Местные разрезы на рис. 279 выполнены для указания глубины и диаметра отверстий.

§ 6. РАЗРЕЗЫ СЛОЖНЫЕ

Сложными называются разрезы, выполненные двумя и более секущими плоскостями. Сложные разрезы разделяются на ступенчатые и ломаные.

Ступенчатыми называются разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями (рис. 280, *а*). В данном примере все три секущие плоскости совмещены с одной профильной плоскостью. Контурные линии раздела трех сечений не изображаются. Сложные ступенчатые разрезы могут быть так же, как и простые разрезы, горизонтальными, фронтальными и профильными. На рис. 280, *б* изображен профильный разрез *А—А*. В этом случае секущие плоскости параллельны профильной плоскости проекций.

Секущие плоскости при сложном разрезе указывают разомкнутой линией, причем у перегибов линии сечения также проводят штрихи. Начальный и конечный штрихи линий сечения имеют стрелки и буквенные обозначения. Несмотря на то, что секущих плоскостей здесь несколько, буквенные обозначения их одинаковы. Как и ранее, стрелки указывают направление взгляда.

На рис. 281 показан сложный горизонтальный ступенчатый разрез, выполненный двумя секущими плоскостями. Сложный разрез может быть помещен на чертеже в любом месте, без проекционной связи с остальными изображениями.

Допускается на одном изображении выполнять по половине разных разрезов. Так, например, на рис. 282 совмещены половина сложного ступенчатого разреза *А—А* и половина простого профильного разреза *Б—Б*.

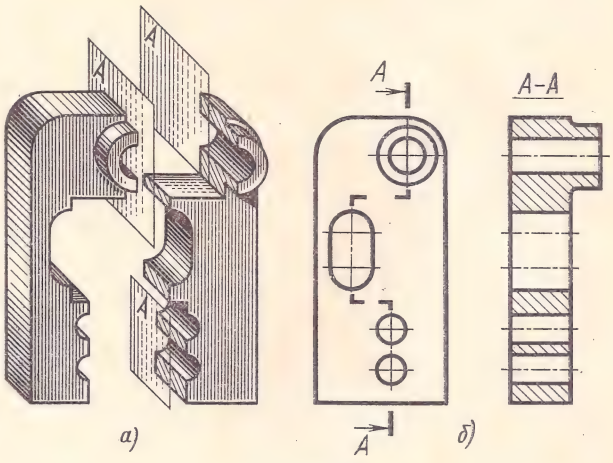


Рис. 280

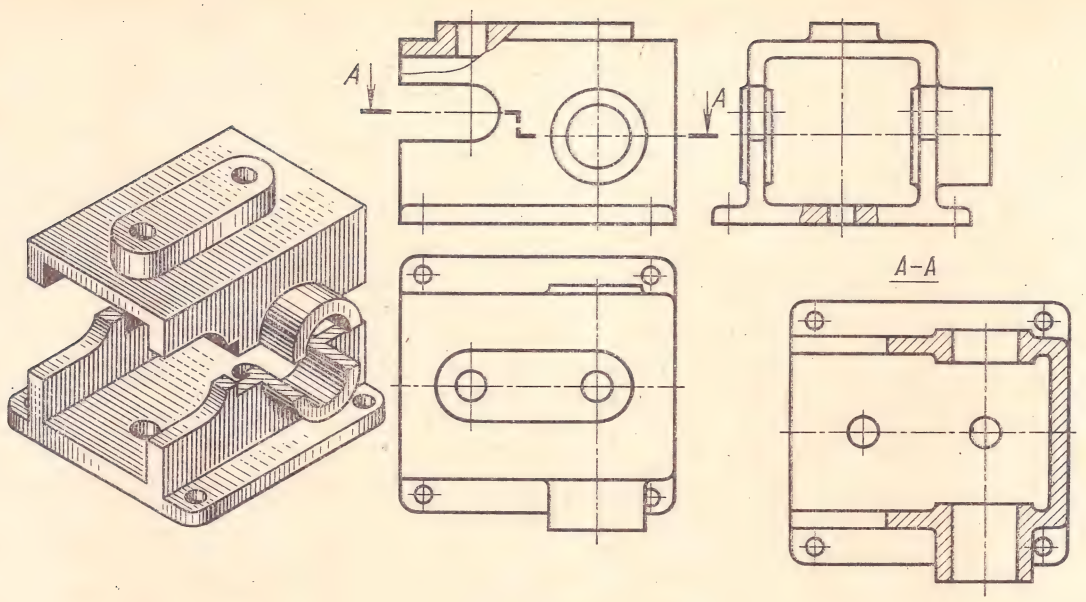


Рис. 281

Ломаными называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (рис. 283, *а*). Секущие плоскости условно повертывают около линии взаимного пересечения до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций, поэтому ломаные разрезы могут быть фронтальными, горизонтальными и профильными.

Пример выполнения ломаного разреза представлен на рис. 283. Двуплечий рычаг мысленно рассечен двумя взаимно пересекающимися плоскостями — профильной и фронтально-проецирующей. При изображении профильного разреза верхнюю часть рычага вместе с рассекающей его фронтально-проецирующей плоскостью мысленно поворачивают около линии пересечения секущих плоскостей до совмещения с профильной плоскостью (рис. 283, *б*). На главном виде верхняя часть рычага в «повернутом» положении для наглядности показана штрихпунктирными линиями. На чертеже эти линии не показывают.

Ломаные разрезы могут быть помещены и на месте других видов, например на виде сверху (рис. 284) при условии, что совмещенные плоскости окажутся параллельными горизонтальной плоскости проекций. В данном случае ломаный разрез называется горизонтальным (рис. 284).

При вычерчивании ломаного разреза, когда одна секущая плоскость поворачивается до совмещения с другой, элементы предмета, располо-

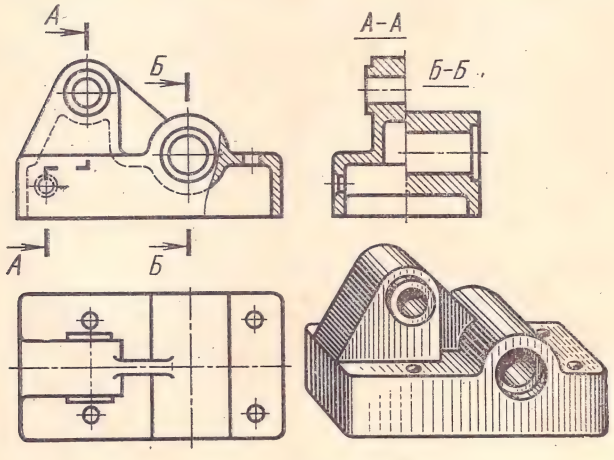


Рис. 282

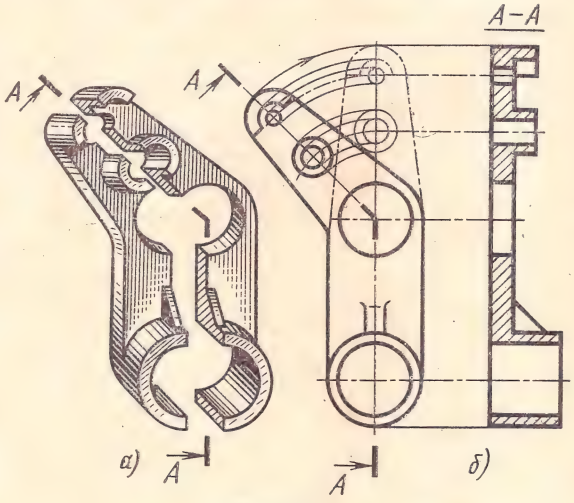


Рис. 283

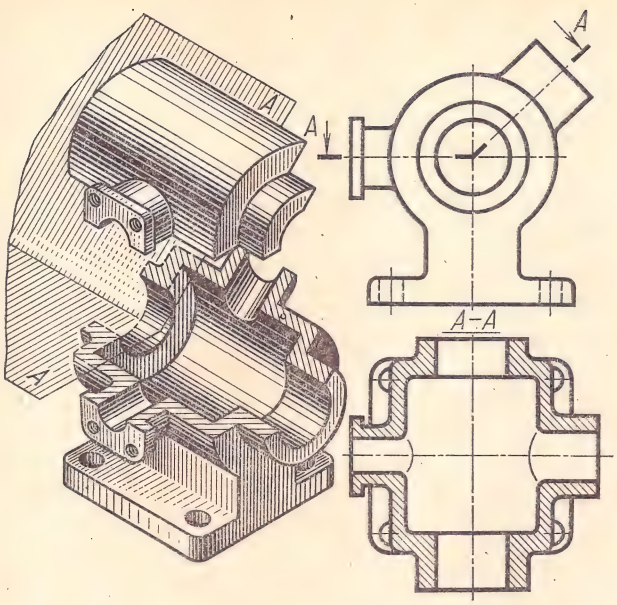


Рис. 284

женные за ней, поворачивать не надо. Эти элементы должны проецироваться так, как они проецируются на плоскость, до которой производится совмещение. На рис. 285, *а* выступ *Б* фиксатора, находящийся за секущей горизонтально-проецирующей плоскостью, совмещаемой с фронтальной плоскостью, в повороте не участвует. Обе проекции выступа располагаются на чертеже в проекционной связи.

Исключением из этого правила являются случаи, когда элементы предмета, расположенные за совмещаемой секущей плоскостью, проецируются на нее без искажения. В таких случаях делается поворот элементов предмета на тот же угол, на который повернута секущая плоскость. Так, например, рычаг (рис. 285, *б*) снизу имеет два ушка, которые расположены вне секущей плоскости и проецируются на нее без искажения. Ушки в этом случае должны поворачиваться вместе с секущей плоскостью, когда последняя совмещается с профильной плоскостью.

Сложные и простые разрезы называются **продольными**, когда секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета, и **поперечными**, когда направление секущих плоскостей перпендикулярно длине или высоте предмета.

§ 7. СЕЧЕНИЯ

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями.

В отличие от разреза на сечении показывают только то, что расположено непосредственно в секущей плоскости; все, что лежит за секущей плоскостью, на сечении не изображают (рис. 286, *а*). На рис. 286, *б* показано сечение, образованное двумя секущими плоскостями.

Сечения применяются в тех случаях, когда виды и разрезы не дают полного представления о форме отдельных элементов предмета. Так, например, на чертеже рычага (рис. 287, *а*) имеются два вида и местные разрезы, которые не полностью выявляют форму детали. Сечение *А—А* дает представление о форме средней части рычага.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на вынесенные и наложенные.

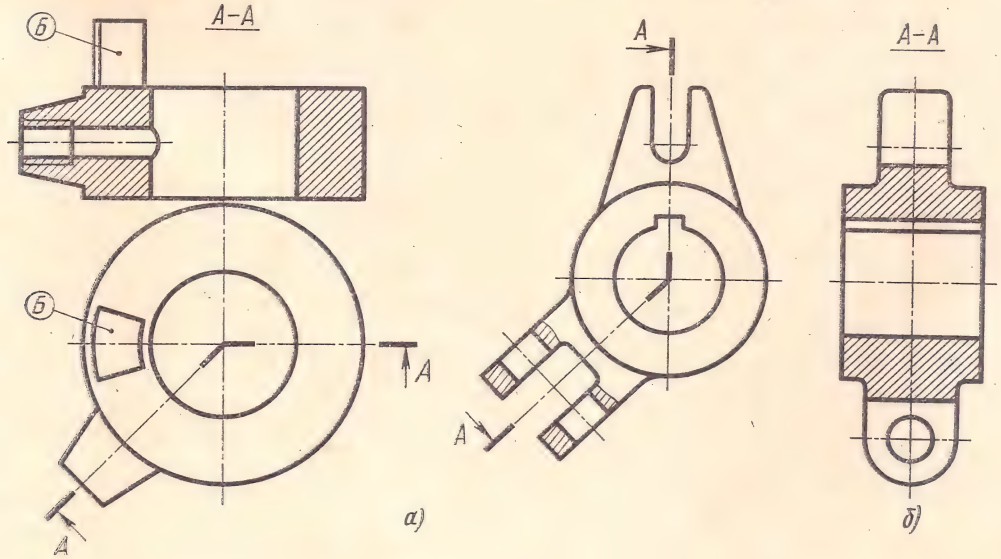


Рис. 285

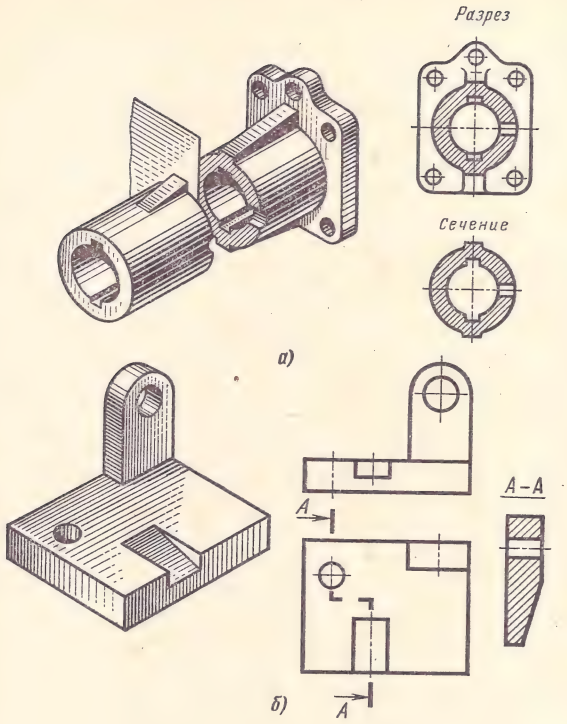


Рис. 286

Вынесенные сечения располагают вне контура предмета (рис. 287, *б*). Контур вынесенного сечения изображают сплошными основными линиями.

Наложенные сечения располагают непосредственно на изображении (рис. 287, *в*). Наложенные сечения желательно выполнять в том случае, если изображение (вид) предмета не перегружено контурными линиями. Контуры фигуры наложенного сечения вычерчивают сплошной тонкой линией.

Сечение может быть расположено в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 287, *г*).

Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа с указанием направления взгляда (рис. 288).

В случаях, когда секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью, хотя этот контур и не расположен в секущей плоскости (см. линии, обозначенные буквой *К* на рис. 289).

Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных частей (рис. 290, *а*), то вместо сечения надо делать разрез (рис. 290, *б*).

Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией, без обозначения стрелками и буквами и линию сечения не проводят (см. рис. 289).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 291) или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

Если выполняется несколько одинаковых сечений одной и той же детали, то вычерчивают только одно сечение, а линии сечения обозначают одной и той же буквой, например, *А—А* (рис. 292).

Сечение так же, как и разрез, при необходимости можно повернуть (расположить в вертикальном или горизонтальном положении). При этом делается надпись по типу: *Б—Б повернуто* (рис. 292).

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием

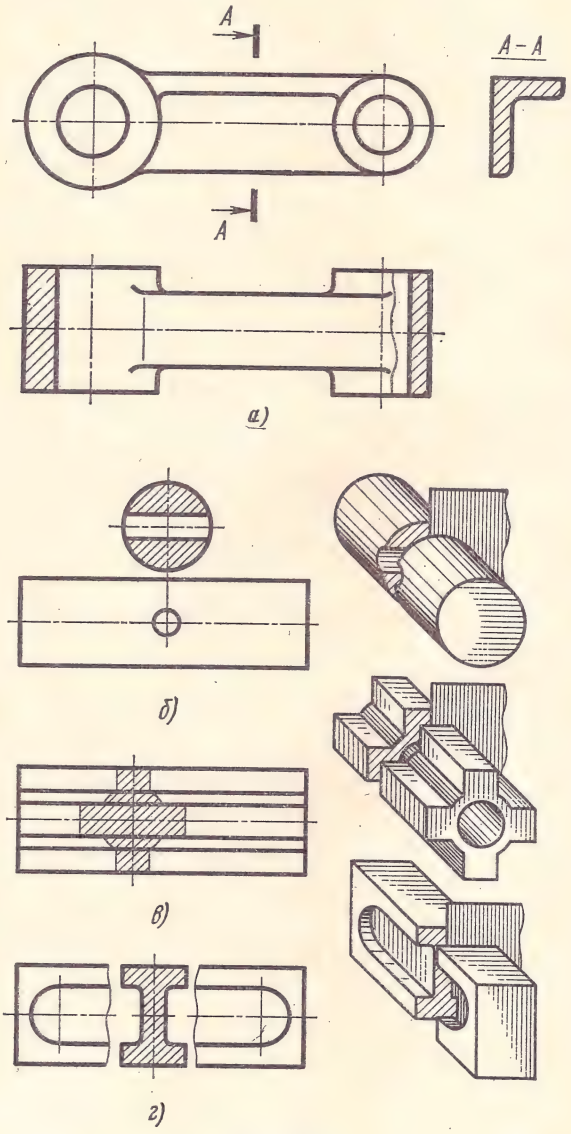


Рис. 287

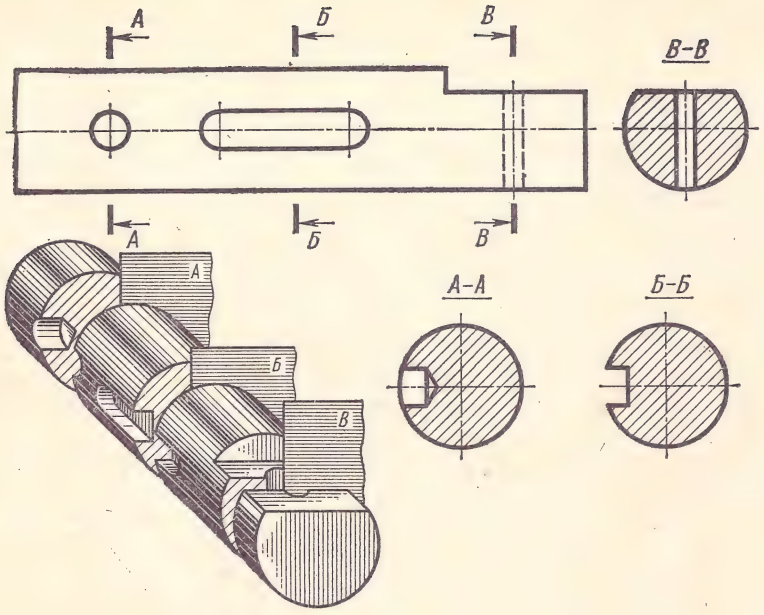


Рис. 288

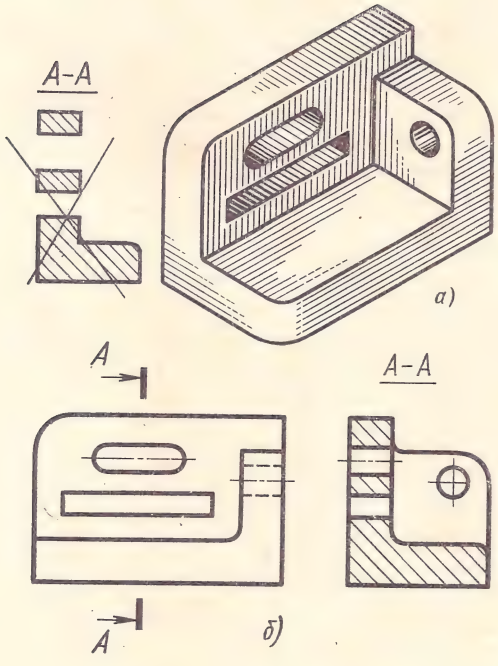


Рис. 290

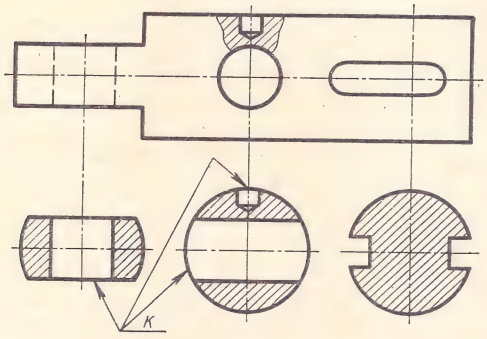


Рис. 289

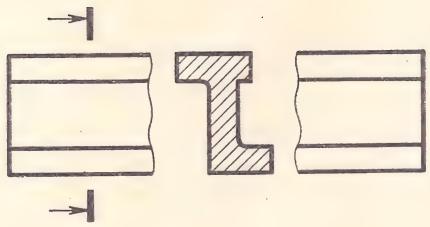


Рис. 291

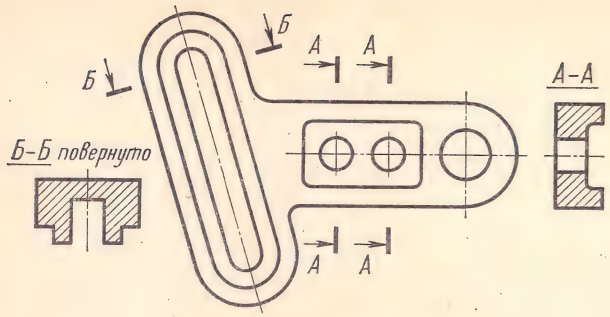


Рис. 292

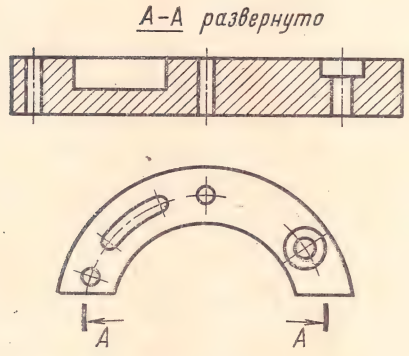


Рис. 293

стрелками направления взгляда и обозначают ее буквами русского алфавита. Вынесенные сечения являются предпочтительными.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость.

На рис. 293 деталь имеет несколько отверстий различной формы и паз. Для того чтобы показать на разрезе форму и размеры этих элементов, применяют сечение детали цилиндрической поверхностью, которую затем развертывают в плоскость. Над изображением развернутого сечения сделана надпись: *А—А развернуто.*

Все фигуры сечений металлических деталей заштриховывают тонкими сплошными линиями под углом 45° к линиям рамки чертежа. Более подробные сведения о штриховке в разрезах и сечениях имеются в § 9.

§ 8. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Выносным элементом называется дополнительное отдельное изображение части предмета, как правило, в увеличенном масштабе. Выносной элемент применяется в случаях, когда требуется пояснение формы и размеров какой-либо части предмета.

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или

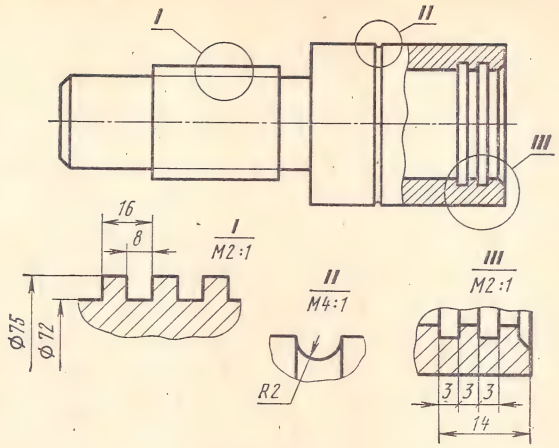


Рис. 294

сечении замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью или овалом) с обозначением римской цифрой порядкового номера выносного элемента на полке линии-выноски. У выносного элемента указывают эту цифру и масштаб (рис. 294).

Выносной элемент надо располагать возможно ближе к соответствующему месту на изображении детали. Выносной элемент может содержать размеры и подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию. Например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом (рис. 294, выносной элемент *I*).

На чертеже рычага токарного автомата (рис.295) показаны перечисленные в § 2—8 разновидности изображений по ГОСТу 2.305—68. Изучение этого чертежа поможет лучшему усвоению изложенного выше материала.

§ 9. ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

ГОСТ 2.306—68 устанавливает графические обозначения материалов в сечениях, а также правила нанесения их на чертежах.

Для придания чертежу большей наглядности фигуру сечения или разреза покрывают штриховкой. Кроме того, штриховка дает представление о материале, из которого изготовлена деталь. Графические обозначения материалов в сечениях должны соответствовать указанным в табл. 5.

Штриховка разрезов и сечений металлических деталей выполняется сплошными тонкими линиями, расстояние между которыми должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки.

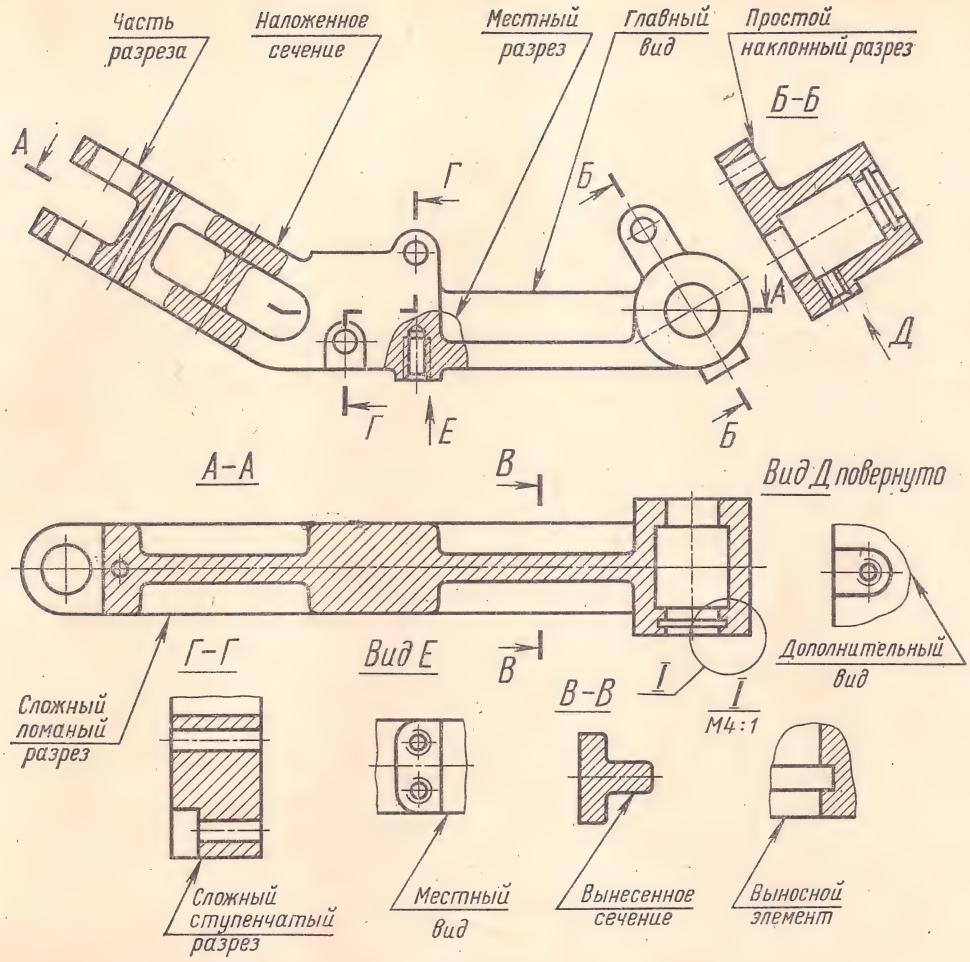


Рис. 295

Линии штриховки наносят под углом 45° к линиям рамки чертежа (рис. 296, *а*). Если линии штриховки совпадают по направлению с контурными или осевыми линиями, то штриховку делают под углом 30 или 60° (рис. 296, *б*).

Штриховка смежных сечений двух деталей наносится в разных направлениях. Например, для детали *1* штриховка делается с наклоном вправо, для смежной детали *2* — с наклоном влево (рис. 297) или наоборот.

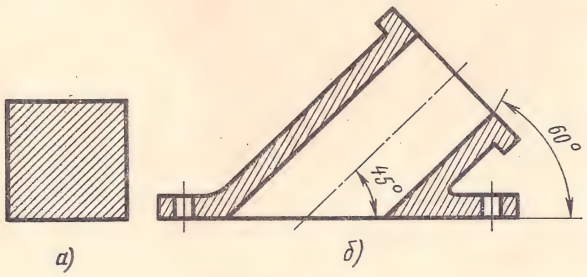


Рис. 296

При штриховке смежных сечений трех и более деталей следует изменять расстояние между параллельными линиями штриховки или сдвигать линии штриховки в одном сечении по отношению к линиям штриховки другого сечения (см. детали *2* и *3* на рис. 297).

На всех разрезах и сечениях одной и той же детали линии штриховки должны иметь одно и то же направление (см. рис. 295).

Расстояние между линиями штриховки должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали.

Узкие и длинные площади разрезов и сечений (например, штампованных или вальцованных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах (рис. 298).

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать за-

Таблица 5

Графические обозначения материалов в сечениях

(по ГОСТу 2.306—68)

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы		Бетон армированный	
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже		Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т. п.	
Древесина: а) поперек волокон б) вдоль волокон	 	Стекло и другие прозрачные материалы	
Фанера		Жидкости	
Ксилолит, плиты древесно-стружечные, древесно-волокнистые, столярные и т. п.		Грунт	
Волокнистые немонолитные материалы (вата, стекловата, войлок, мипора и т. д.)		Глина (в качестве конструктивного материала)	
Бетон неармированный		Песок, асбестоцемент, гипсовые изделия, лепнина, замазка, штукатурка, раствор, абразив и т. д.	

черненными. Между смежными сечениями должен быть оставлен просвет не менее 0,8 мм (рис. 299).

Если площадь штриховки велика, то штриховка делается не на всей площади, а только у контура сечения (см. деталь *3* на рис. 297).

Детали, изготовленные из композиционных материалов, содержащих металлы и неметаллические материалы, в разрезах и сечениях штрихуют так же, как металлические.

На рис. 300 приведен пример штриховки в разрезе сборочной единицы (головки ультразвукового дефектоскопа), состоящей из деталей, изготовленных из разных материалов. На этом рисунке сечение призмы *1* из оргстекла заштриховано, как стекло; сечение пластинки *2* из металлического сплава зачернено, так как толщина изображения пластинки на чертеже менее 2 мм; сечение демпфера *3* из асбестового картона (неме-

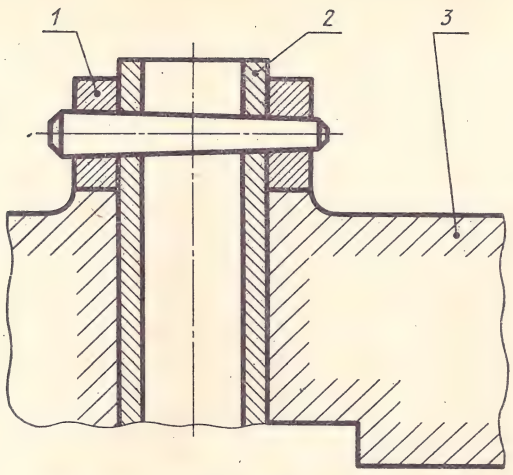


Рис. 297

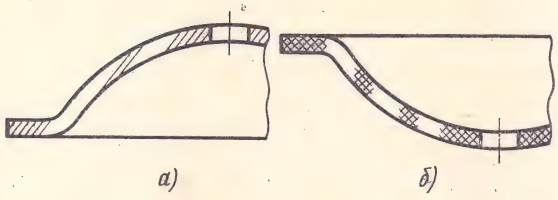


Рис. 298

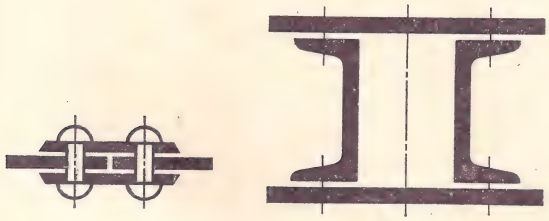


Рис. 299

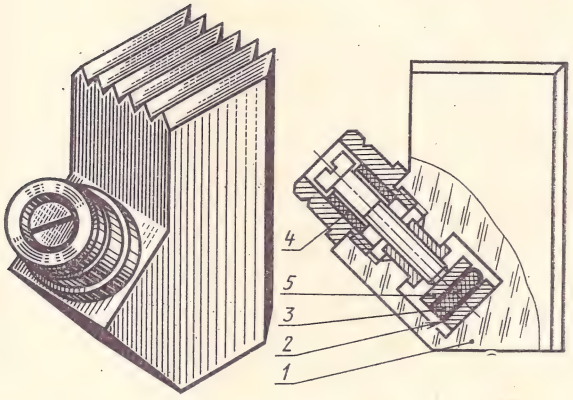


Рис. 300

таллического материала) и втулки *4* из эбонита (пластмассы) заштрихованы «в клетку»; сечение стального диска *5* — как металл и т. д.

§ 10. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Для того, чтобы сделать чертежи более простыми и понятными, а также с целью экономии времени при выполнении чертежей, ГОСТ 2.305—68 устанавливает следующие условности и упрощения.

Так, например, если вид, разрез или сечение представляет собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или несколько более половины с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 301, *а* и *б*) Разрешается вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия или паза (рис. 301, *а*).

Проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения, изо-

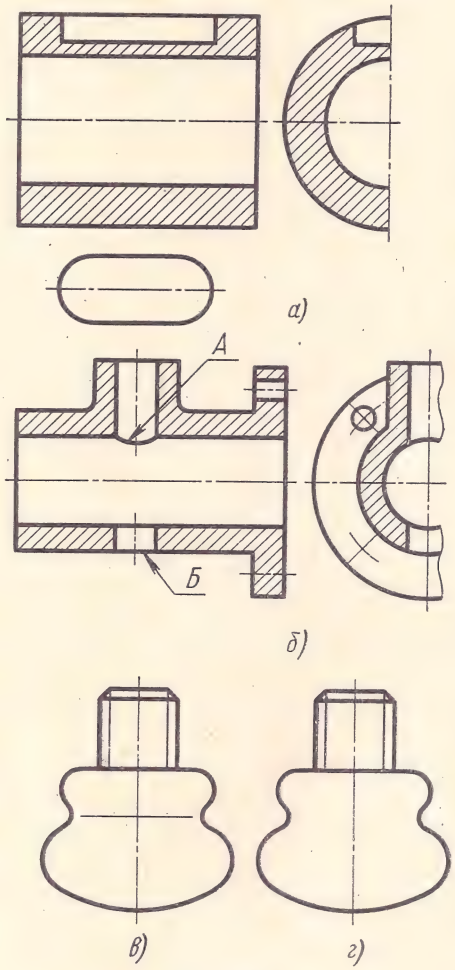


Рис. 301

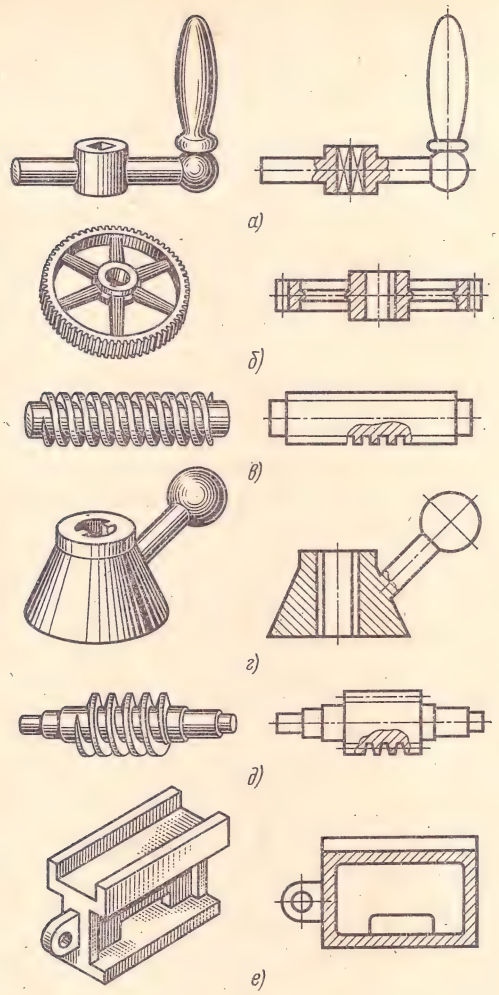


Рис. 302

бражают упрощенно. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружностей или прямые линии (см. линии *А* и *Б* на рис. 301, *б*).

Плавный переход от одной поверхности к другой показывают тонкими сплошными линиями (рис. 301, *в*) или совсем не показывают (рис. 301, *г*).

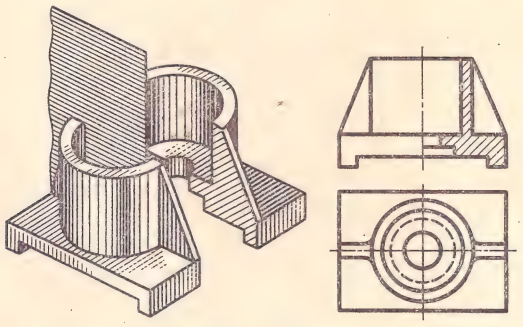


Рис. 303

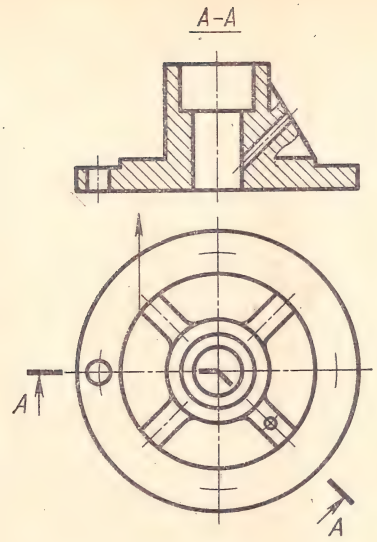


Рис. 304

Такие детали, как винты, болты заклепки, непустотелые валы, шпильки, шпонки, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными; шарики всегда показывают нерассеченными.

Спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости, зубья зубчатых колес и т. п. показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 302). На рис. 303 выполнен вертикальный разрез корпуса подпятника; несмотря на то, что ребро жесткости разрезано вдоль секущей плоскостью, на разрезе оно не заштриховано. Аналогичный пример можно видеть на рис. 302, *е*, где не заштриховано ушко и тонкая стенка рамы.

Если на осевом разрезе фланца (рис. 304) ребро, находящееся за секущей плоскостью, изображается с искажением, то допускается показывать его упрощенно или совсем не показывать.

Если на ребре детали имеется местное углубление, выемка, отверстие и т. п., то выполняют местный разрез (рис. 304).

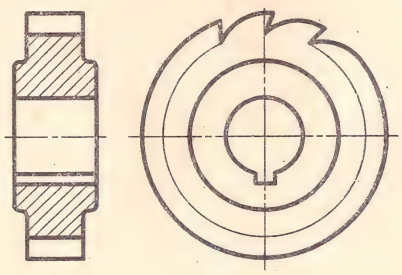


Рис. 305

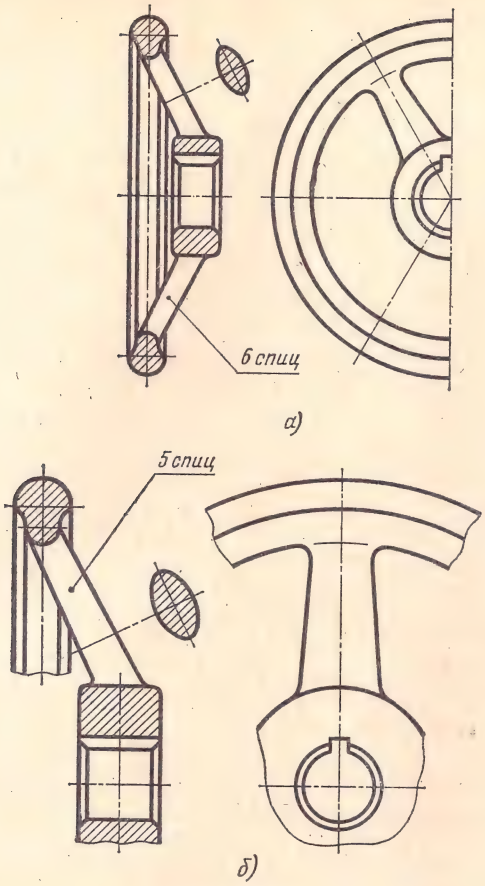


Рис. 306

Если предмет имеет несколько одинаковых равномерно расположенных элементов (например, отверстий), то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно отверстие на рис. 304 или два зуба на рис. 305), а остальные элементы показывают условно или упрощенно.

Допускается изображать часть предмета с указанием количества элементов, их расположения и т. п. (рис. 306, *а* и *б*).

Наклонные к плоскости проекций спицы колес и т. п. изображают на разрезах повернутыми до положения, параллельного плоскости проекций

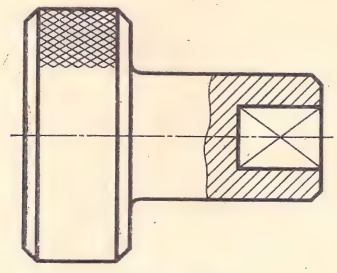


Рис. 307

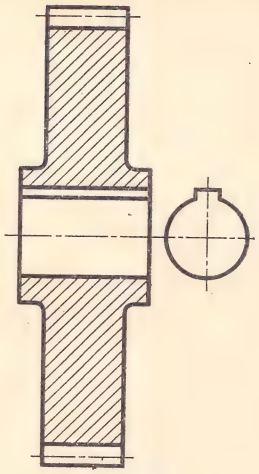


Рис. 308

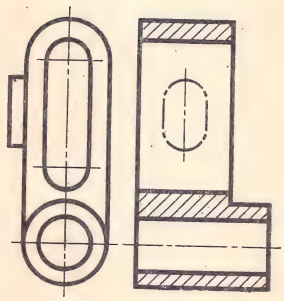


Рис. 309

(см. рис. 306, *а*). Разрезы колес, маховиков, шкивов располагают на главном изображении так, как показано на рис. 306, *а* и *б*.

На чертежах деталей (рис. 307) со сплошной сеткой, накаткой и т. п. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением. Сетка и накатка изображаются наклонными линиями под углом 30° к оси.

На чертежах накатку обозначают надписью по типу: *Накатка сетчатая 0,8 ОСТ 26017* или *Накатка прямая 0,8 ОСТ 26016,* где 0,8 — величина шага накатки в мм.

При необходимости выделения плоских поверхностей на чертежах деталей, имеющих форму тел вращения, на этих поверхностях проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 307).

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается для показа отверстий в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также шпоночных пазов вместо полного

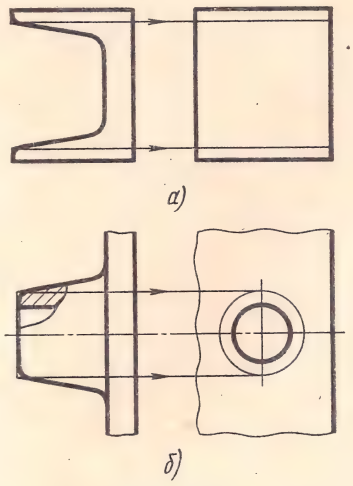


Рис. 310

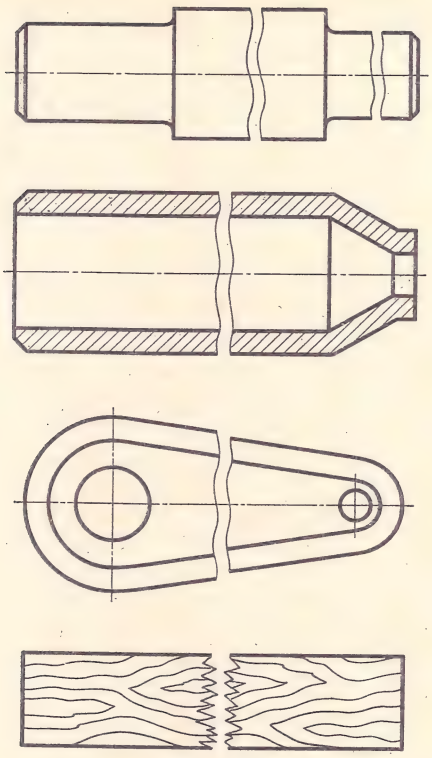


Рис. 311

изображения детали давать лишь контур отверстия или паза, как это показано на рис. 308.

Часть предмета (рис. 309), находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, на разрезе допускается изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (наложенная проекция).

Если на изображениях уклон или конусность отчетливо не выявляются, то проводят только одну тонкую линию, соответствующую меньшему размеру части детали с уклоном (рис. 310, *а*) или меньшему основанию конуса (рис. 310, *б*).

Незначительную по величине конусность или уклон изображают с увеличением (утрированно) (рис. 310).

Длинные предметы (или элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, стержни, шатуны и др.), изображают с разрывами (рис. 311).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите изделия основного и вспомогательного производства.
2. Какая разница между чертежом-оригиналом и чертежом-подлинником?
3. Какая разница между основным и дополнительным видами?
4. Какие детали и элементы деталей на продольных разрезах не заштриховывают?
5. Что называется сложным разрезом? Назовите виды сложных разрезов.
6. Какой разрез называется наклонным?
7. Что называется местным разрезом?
8. В чем заключается особенность выполнения разрезов на симметричных изображениях?
9. Какая разница между разрезом и сечением?
10. Назовите виды сечений.
11. Когда применяется на чертеже надпись *повернуто?*
12. В каком случае на разрезах не отмечают положение секущей плоскости и не сопровождают разрез надписью?

ГЛАВА 3

ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И ИЗДЕЛИЯ С РЕЗЬБОЙ

§ 1. ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ С ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Изделия с винтовой поверхностью широко распространены в машиностроении. Такие изделия можно разделить на три вида.

1. Крепежные детали, применяемые для разъемных неподвижных соединений деталей машин или приборов — винты (рис. 312, *а*), болты и гайки (рис. 312, *б*), шпильки (рис. 312, *в*).

2. Детали для передачи вращения или для преобразования вращательного движения в поступательное — ходовые (рис. 313, *а*), грузовые, натяжные, подъемные винты. На рис. 313, *б* показан винт-червяк, передающий вращение червячному колесу.

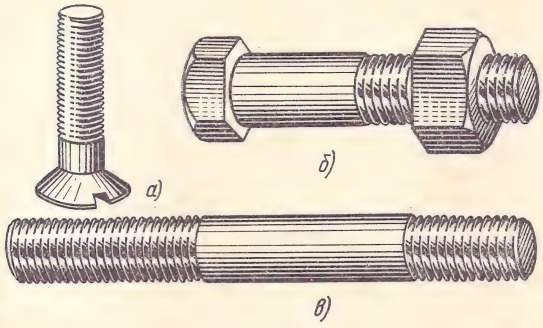


Рис. 312

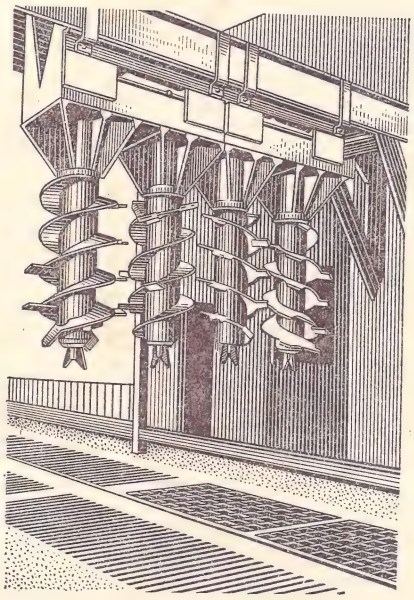


Рис. 314

3. Изделия специальные, например, винты-шнеки, служащие для разрыхления формовочных материалов в литейных цехах машиностроительных заводов (рис. 314).

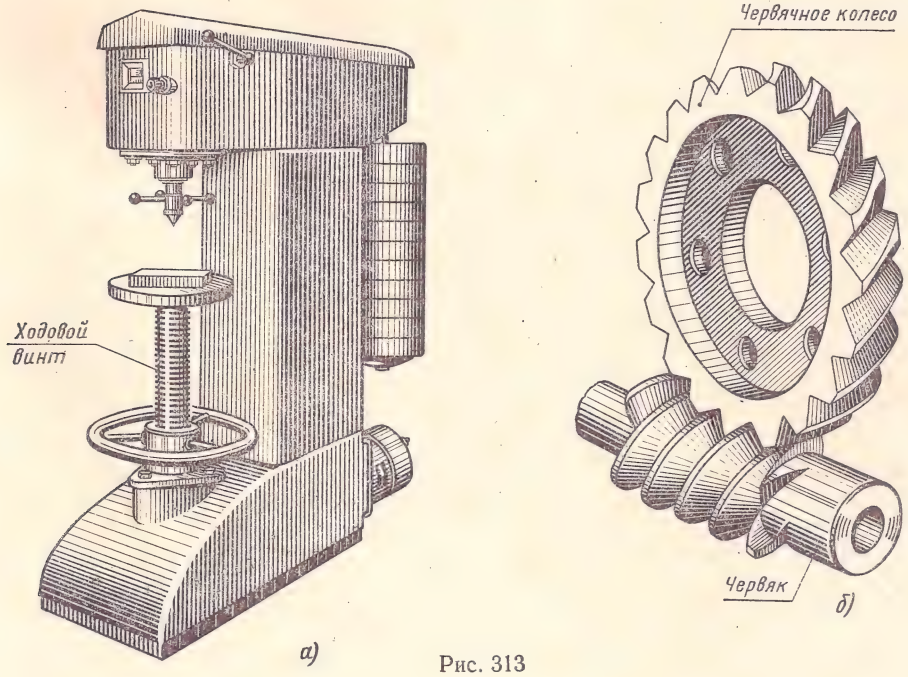


Рис. 313

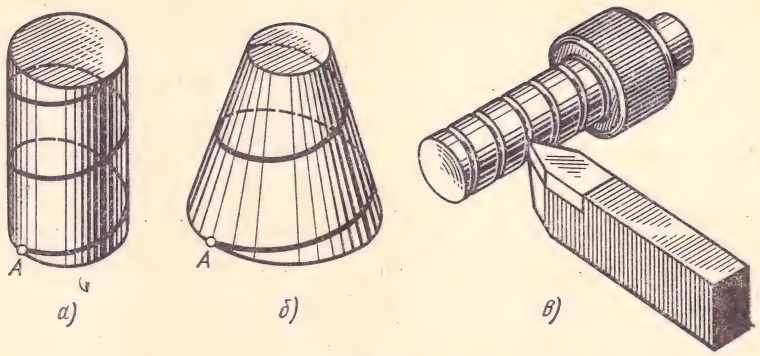


Рис. 315

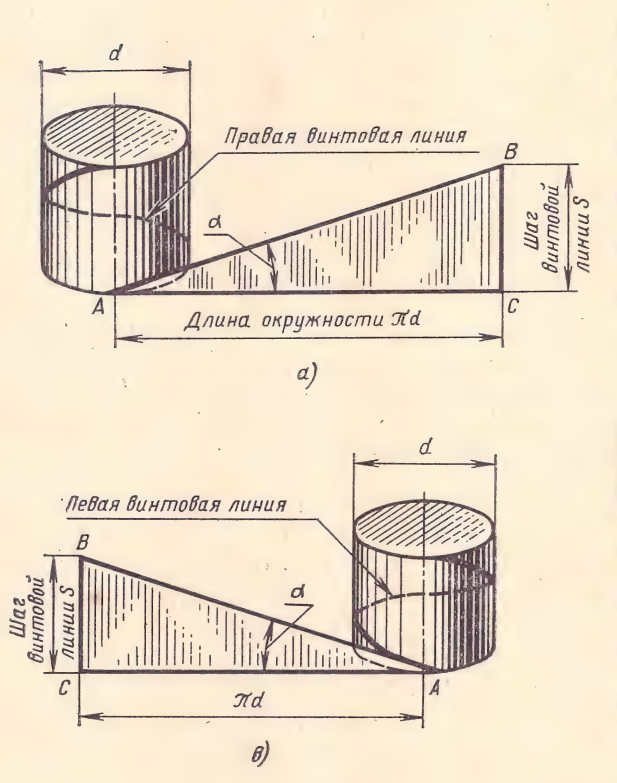


Рис. 316

§ 2. ВИНТОВАЯ ЛИНИЯ

Винтовая линия, расположенная на поверхности прямого кругового цилиндра, называется **цилиндрической винтовой линией.**

Винтовая линия образуется в результате сложного равномерного движения точки A, которая перемещается вдоль образующей поверхности цилиндра и одновременно вращается вокруг его оси (рис. 315, *а*). Такова же закономерность образования винтовых линий и на других поверхностях — конической (рис. 315, *б*), сферической, глобоидной.

На практике цилиндрическая винтовая линия получается следующим образом. В патроне токарного станка закрепляют цилиндрический стержень и сообщают ему равномерное вращение; к поверхности этого стержня подводят вершину головки резца и сообщают ему поступательное движение параллельно оси стержня. Тогда вершина резца нарежет на поверхности стержня цилиндрическую винтовую линию (рис. 315, *в*).

Различают **правые и левые винтовые линии.** Правая винтовая линия имеет подъем вверх и вправо, если цилиндр с винтовой линией на нем стоит вертикально (рис. 316, *а* и *б*). Левая винтовая линия имеет подъем вверх и влево (рис. 316, *в* и *г*). Винтовая линия характеризуется шагом S. Шаг есть расстояние между соседними витками винтовой линии, измеренное по образующей цилиндра.

Для построения цилиндрической винтовой линии по данному диаметру основания цилиндра d и шагу винтовой линии S окружность основания цилиндра делят на любое количество равных частей (на рис. 317 — на шестнадцать), и точки деления нумеруют по направлению движения точки, образующей винтовую линию (на рис. 317 — против часовой стрелки). Затем на контурной образующей цилиндра откладывают заданный шаг S, который делят горизонтальными прямыми на то же количество равных частей; точки делений нумеруют снизу вверх.

Через точки деления окружности проводят вертикальные линии связи до пересечения с горизонтальными прямыми деления шага и получают точки $1'$, $2'$, $3'$, ..., принадлежащие фронтальной проекции винтовой линии, и соединяют их при помощи лекала.

Фронтальная проекция цилиндрической винтовой линии представляет собой синусоиду с длиной волны, равной шагу S, и амплитудой, равной радиусу окружности основания цилиндра.

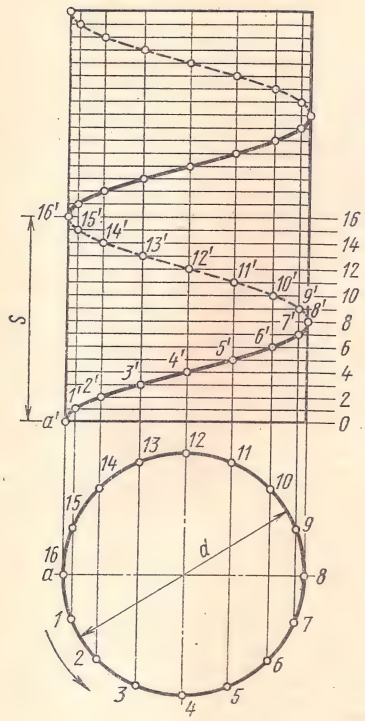


Рис. 317

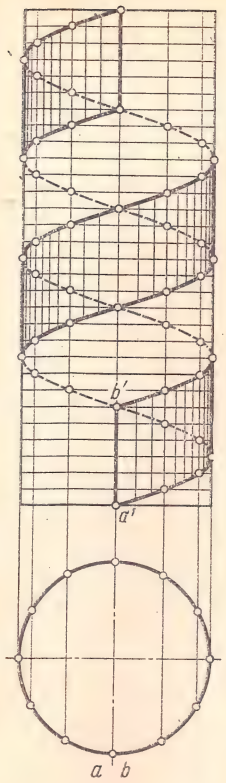


Рис. 318

Последовательность построения одинакова как для правой (рис. 316, *а*), так и для левой (рис. 316, *в*) винтовых линий.

Развертка части цилиндрической поверхности, ограниченной винтовой линией на длине одного шага, представляет собой прямоугольный треугольник *ABC* (рис 316, *а*), гипотенуза которого *AB* — развертка винтовой линии, больший катет *AC* — развертка окружности основания цилиндра и меньший катет *BC* — шаг *S*.

Из прямоугольного треугольника *ABC* (рис. 316, *а*) можно найти зависимость шага *S* от угла подъема α винтовой линии (он равен углу наклона гипотенузы *AB* к катету *AC*):

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S}{\pi d}.$$

§ 3. ВИНТОВАЯ ЛЕНТА

Отрезок прямой линии *AB*, расположенный на образующей прямого кругового цилиндра и перемещающийся по этой поверхности параллельно оси цилиндра с такой же закономерностью, как и точка, образующая винтовую линию, оставит на цилиндре след, называемый **винтовой лентой** (рис. 318).

Из чертежа видно, что один конец отрезка, образующего винтовую ленту — точка *A*, описывает правую винтовую линию. Второй конец этого отрезка — точка *B* — описывает вторую правую винтовую линию, все точки которой находятся на одинаковом расстоянии, измеренном вдоль оси цилиндра, от точек первой винтовой линии. Это расстояние равно длине отрезка *AB*.

Таким образом, построение винтовой ленты на чертеже сводится к построению одной винтовой линии, образуемой, например, в результате движения точки *A*. Фронтальные проекции точек второй винтовой линии, образуемой точкой *B*, находят, проводя произвольное количество прямых, параллельных оси цилиндра, и откладывая на них от точек первой винтовой линии отрезки, равные отрезку *AB*.

§ 4. ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Прямая винтовая поверхность образуется в результате равномерного сложного движения отрезка *AB*, перпендикулярного к оси прямого кругового цилиндра. Отрезок *AB* движется поступательно вдоль оси цилиндра и одновременно вращается вокруг этой оси (рис. 319, *а*). Такая винтовая поверхность называется прямым геликоидом.

Для построения поверхности прямого геликоида достаточно построить две винтовые линии, соответствующие двум конечным точкам *A* и *B* образующего отрезка.

Пример подобной поверхности представлен на рис. 320, где изображен винт-шнек винтового транспортера.

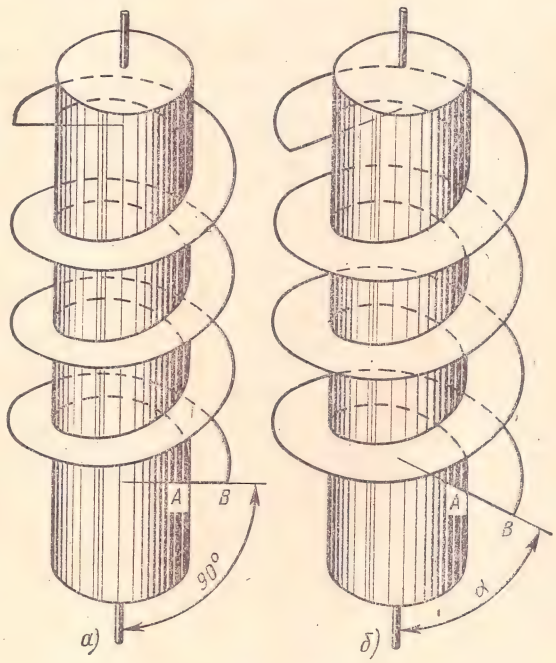


Рис. 319

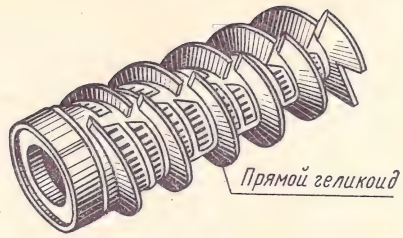


Рис. 320

Косая винтовая поверхность образуется так же, как и прямая винтовая поверхность, но отрезок AB должен быть расположен не перпендикулярно к оси цилиндра, а под каким-либо углом α. В результате движения такого отрезка образуется винтовая поверхность или косой геликоид (рис. 319, *б*). Пример применения подобной поверхности приведен на рис. 316, *б* и *г*.

Для построения поверхности косого геликоида вычерчивают две винтовые линии, соответствующие конечным точкам образующего отрезка.

§ 5. ВИНТОВОЙ ВЫСТУП

Поверхность винтового выступа образуется при движении какой-либо фигуры (треугольника, квадрата, трапеции) по поверхности цилиндра с той же закономерностью, что и движение отрезка, образующего винтовую поверхность, при этом плоскость фигуры должна проходить через ось цилиндра (рис. 321). Так, например, две вершины квадратного профиля опишут две винтовые линии на поверхности внутреннего цилиндра диаметра d_1, а две другие вершины квадрата опишут винтовые линии на поверхности внешнего цилиндра диаметра d (рис. 321, *а*).

В зависимости от вида фигуры, образующей винтовой выступ, различают **квадратную** (рис. 321, *а*), **треугольную** (рис. 321, б), **трапецеидальную резьбу** (рис. 321, *в*).

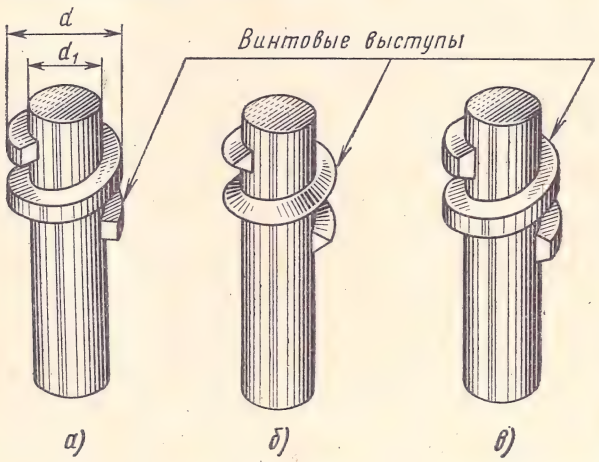


Рис. 321

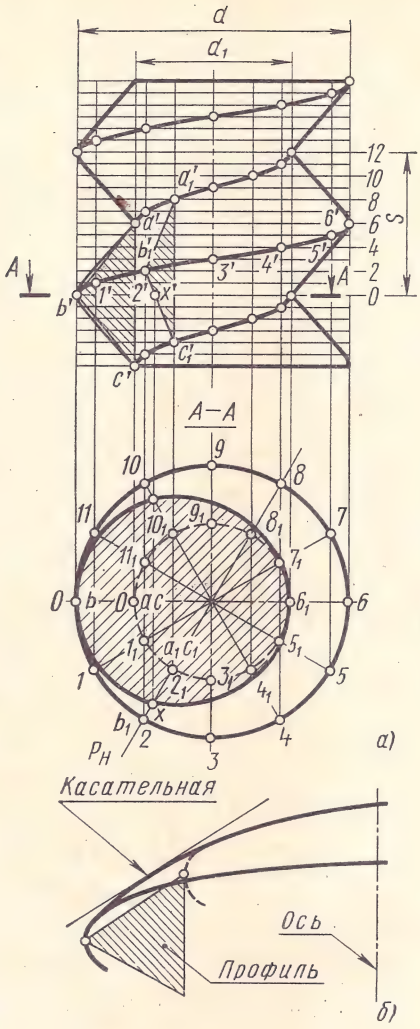


Рис. 322

Для построения поверхности винтового выступа, образованного треугольным профилем (рис. 322), необходимы следующие данные:

наружный диаметр винтового выступа d, *мм*;

внутренний диаметр d_1, мм;

направление винтовой линии, например, правое;

шаг винтовой линии S, мм; длину основания AC равнобедренного треугольника, образующего профиль, принимаем равной шагу S.

Построение выполняют в следующем порядке.

1. Горизонтальные проекции окружностей оснований цилиндров диаметров d и d_1 делят, например, на 12 равных частей (рис. 322, *а*). Точки деления нумеруют в направлении вращения точек A, B и C (вершин треугольника), образующих винтовые линии.

2. Строят фронтальные проекции внешнего и внутреннего цилиндров. Вдоль оси откладывают шаг S и делят его также на 12 равных частей. Через точки делений шага, пронумеро-

ванные снизу вверх, проводят вспомогательные горизонтальные линии.

3. Находят точки, принадлежащие трем винтовым линиям, соответствующим трем точкам профиля — вершинам треугольника. Так, например, для построения винтовой линии, образуемой движением точки B, через точки деления окружности *1, 2, 3,...* основания цилиндра диаметра d проводят вертикальные линии связи до пересечения с горизонтальными вспомогательными прямыми, проходящими через точки деления шага S, в точках $1'$, $2'$, $3'$,... .

4. После построения трех винтовых линий контур поверхности винтового выступа, образованного двумя поверхностями косого геликоида, ограничивают прямыми линиями, которые проводят по касательным к двум синусоидам, построенным на внешнем и внутреннем цилиндрах (рис. 322, *б*).

5. Заканчивают построение выполнением сечения винтового выступа горизонтальной плоскостью $A — A$ (рис. 322, *а*); оно будет ограничено двумя спиралями Архимеда.

Точки, принадлежащие спиралям, определяют следующим образом. Через ось винта проводят несколько вспомогательных горизонтально проецирующих плоскостей, например P. Каждая из этих плоскостей пересечет поверхность винтового выступа по профилю, а в данном случае по треугольнику $A_1B_1C_1$.

Горизонтальная проекция этого треугольника будет прямолинейным отрезком $a_1b_1c_1$, расположенным на горизонтальном следе $P_н$ плоскости P.

Фронтальную проекцию треугольника находят проводя вертикальные линии связи через концы отрезка $a_1b_1c_1$ до пересечения с соответствующими фронтальными проекциями винтовых линий.

Получив фронтальную проекцию $a_1'b_1'c_1'$ треугольника, отмечаем точку x' пересечения его стороны $b_1'c_1'$ со следом плоскости $A—A$. Через точку x' проводим вертикальную линию связи до пересечения с горизонтальным следом $P_н$ вспомогательной плоскости (или с горизонтальной проекцией $a_1b_1c_1$ треугольника). Получаем точку x, принадлежащую искомой спирали Архимеда.

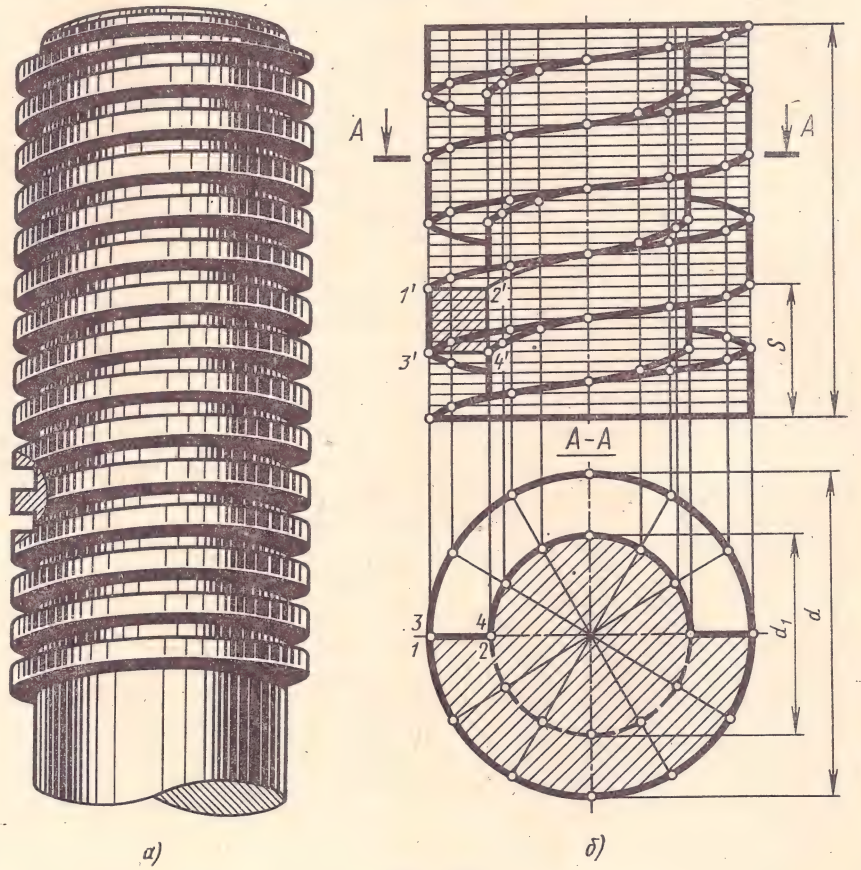
Почти все крепежные изделия — болты, гайки, винты, шпильки и т. д. выполняются с резьбой треугольного профиля (см. рис. 312), поэтому эта резьба наиболее широко применяется в машиностроении.

Однако, чтобы не делать на чертежах описанных выше длительных и сложных построений изображений винтовых поверхностей, резьбу в большинстве случаев изображают условно (упрощенно), о чем будет сказано ниже.

Грузовые и ходовые винты конструируют главным образом с резьбой квадратного или трапецеидального профиля. Изображения поверхностей винтовых выступов этих винтов строят так же, как и поверхностей винтов с треугольным профилем.

На рис. 323, *а* изображен винт с правой резьбой квадратного профиля. Как видно из рис. 323, *б*, четыре вершины *1, 2, 3, 4* профиля образуют четыре винтовые линии (см. главный вид).

Горизонтальный разрез винта с резьбой квадратного профиля строится проще, чем разрез винта с резьбой треугольного профиля, так как горизонтальная секущая плоскость пересекает винт по окружностям.



а) *б)*

Рис. 323

При построении этого разреза следует иметь в виду, что при пересечении плоскостью A передней (ближней к наблюдателю) части винта в разрез попадает весь винтовой выступ, т. е. вся половина витка резьбы, поэтому нижняя половина горизонтальной проекции заштрихована. Винтовой выступ, находящийся на невидимой для наблюдателя части винта, в разрез не попадает, поэтому на горизонтальном разрезе верхняя половина винтового выступа не заштрихована (рис. 323, *б*).

§ 6. ХОД ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

Если по поверхности прямого кругового цилиндра движется не одна точка, образующая винтовую линию, а две точки, которые находились на противоположных концах диаметра окружности основания цилиндра (или вообще в разных точках этой окружности), то на цилиндре получаются две винтовые линии.

Если по поверхности цилиндра одновременно перемещать два, три или четыре профиля, то, соответственно, образуются двух-, трех- или четырехзаходные винтовые поверхности, иначе — винты с двух-, трех- или четырехзаходной резьбой.

На рис. 324, *а* изображен винт с правой трехзаходной резьбой квадратного профиля; на рис. 324, *б* — винт с шестизаходной резьбой. На торцах таких винтов видны три или, соответственно, шесть точек, откуда начинаются винтовые линии.

Для винтов с многозаходной резьбой шаг винтовой линии называется ходом и обозначается буквой t (рис. 325).

Шагом S таких резьб называется расстояние между двумя соседними винтовыми выступами (витками резьбы) в направлении оси винта.

Таким образом, **для однозаходной резьбы ход равен шагу,** а для многозаходной — произведению шага на число заходов n:

$$t = Sn.$$

Графически эта зависимость представлена на рис. 325 для винта с трехзаходной резьбой.

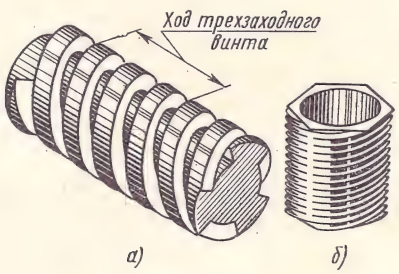


Рис. 324

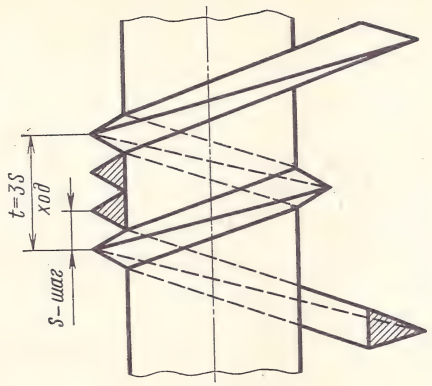


Рис. 325

§ 7. ПОСТРОЕНИЕ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Построение изображений винтовых линий и поверхностей на машиностроительных чертежах выполняют только для изделий специального назначения.

Рассмотрим построение винтовой поверхности части специального винта — шнекового транспортера, который служит для перемещения сыпучих материалов (рис. 326, *а*). При изготовлении шнека части его соединяют между собой и с полым валом сваркой, заклепками или винтами (рис. 326, *б*).

Данные для построения (рис. 326, *в*):

а) шаг винтовой линии S, мм;

б) число заходов — 1;

в) профиль винтового выступа шнека — прямоугольник со сторонами a и b, мм;

г) диаметр окружности основания цилиндрической поверхности d, мм.

Построение выполняют в следующем порядке:

1. Строят две проекции цилиндров диаметров d и $d + 2a$.

2. Вычерчивают фронтальную проекцию профиля — прямоугольника со сторонами a и b. Сторона b должна соприкасаться с контурной образующей поверхности цилиндра диаметра d.

3. Строят винтовую линию с шагом, равным S, для точки $1'$ профиля, расположенной на цилиндрической поверхности диаметра $d + 2a$.

4. Строят винтовую линию с тем же шагом для точки $2'$ профиля, лежащей на цилиндре диаметра d;

5. Строят винтовые линии (с тем же шагом S) для точек $3'$ и $4'$.

Построение этих винтовых линий упрощается благодаря тому, что расстояние, измеренное параллельно оси винта между любой точкой построенной винтовой линии (например, $1'$) и соответствующей ей точкой строящейся линии (например, $4'$), равно высоте профиля b. Поэтому

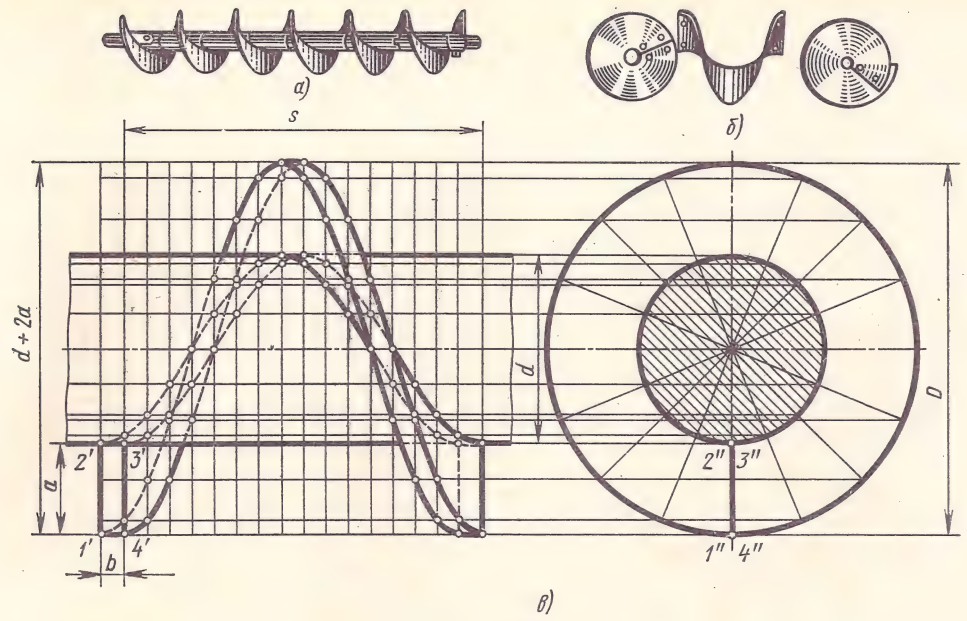


Рис. 326

на горизонтальных прямых, проходящих через точки построенных фронтальных проекций винтовых линий, можно отложить от этих точек в соответствующем направлении отрезки, равные b.

Подобное построение можно применить и при вычерчивании винтовых поверхностей деталей, показанных на рис. 314.

§ 8. УСЛОВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБ НА ЧЕРТЕЖАХ

Как видно из вышеизложенного, построение винтовой поверхности на чертеже — длительный и сложный процесс, поэтому на чертежах изделий резьба изображается условно.

Резьбу на стержне (например, на стержне болта, рис. 327, *а*) изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру d и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру d_1 (рис. 327, *б*).

Границу резьбы изображают сплошной основной линией, проводя ее до линии наружного диаметра резьбы (рис. 327, *б*), или штриховой линией если резьба изображена как невидимая (рис. 327, *д*).

Резьбу в отверстии (рис. 327, *в*) изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру (рис. 327, *г*).

Также изображается резьба с трапецеидальным, прямоугольным и каким-либо другим профилем. Резьбу нестандартного профиля показывают при помощи местных разрезов (рис. 328) или выносных элементов.

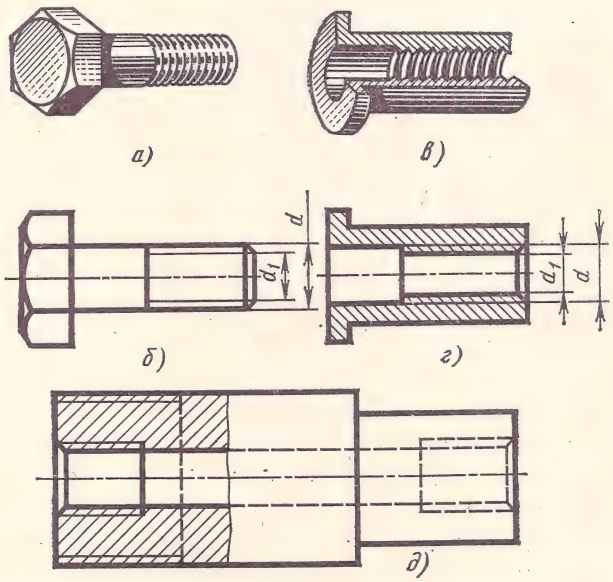


Рис. 327

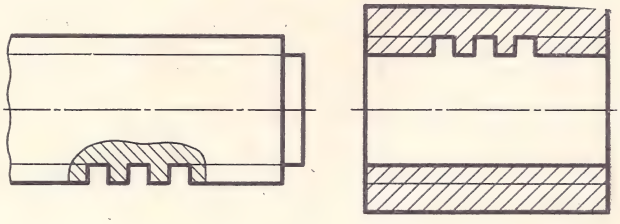


Рис. 328

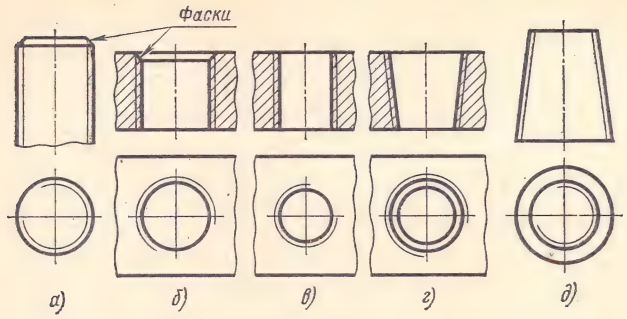


Рис. 329

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, по внутреннему (рис. 329, *а*) или наружному (рис. 329, *б*) диаметру резьбы проводят сплошные тонкие линии в виде дуги, приблизительно равной $^3/_4$ окружности и разомкнутой в любом месте.

Коническую резьбу в отверстии (рис. 329, *г*) в этих случаях изображают двумя концентрическими окружностями, которые обводят сплошными линиями, и дугой, которую проводят сплошной тонкой линией. Концентрические окружности соответствуют наибольшему и наименьшему внутренним диаметрам резьбы, а дуга — наибольшему наружному диаметру резьбы. Изображение конической резьбы на стержне показано на рис. 329, *д*.

Фаски на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 329, *а* и *б*). Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и внутреннему диаметрам (см. рис. 327, *д*).

§ 9. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машиностроении применяются стандартные резьбы разных типов: метрическая, дюймовая, трубная цилиндрическая, трубная коническая, трапецеидальная, упорная и др. Кроме стандартных резьб применяются также резьбы с нестандартным профилем.

Метрическая резьба наиболее часто применяется в крепежных деталях (винты, болты, шпильки, гайки). Профиль такой резьбы — равносторонний треугольник с углом 60° при вершине (рис. 330, *а*).

Метрическая резьба для диаметров от 1 до 600 мм стандартизована: ГОСТ 8724—58 (диаметры и шаги). Кроме того, стандартизованы резьба метрическая для диаметров от 0,25 до 0,9 мм (ГОСТ 9000—59), резьба метрическая для приборостроения (ГОСТ 16967—71) и резьба метрическая для диаметров от 1 до 180 мм на деталях из пластмасс (ГОСТ 11709—71).

В зависимости от назначения детали метрическую резьбу нарезают с крупным и мелким шагом. При одинаковых наружных диаметрах шаг резьбы может быть различным (табл. 6).

При выборе диаметра резьбы следует предпочитать первый ряд второму, а второй — третьему.

Основные размеры метрической резьбы установлены ГОСТом 9150—59 (см. табл. 7 и рис. 330, *а*).

Метрическая резьба с крупным шагом обозначается буквой М и диаметром, например, М12,

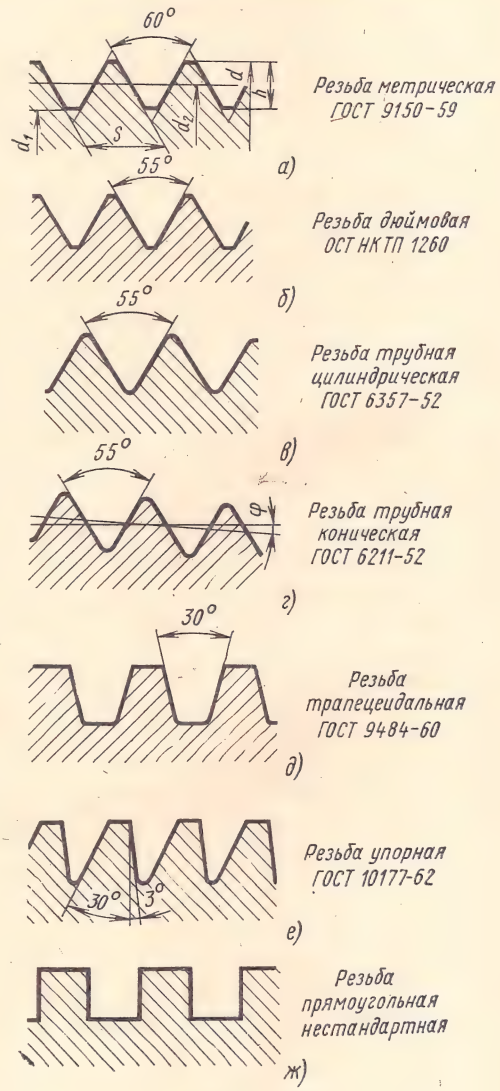


Рис. 330

Таблица 6

Диаметры и шаги метрической резьбы
(по ГОСТу 8724—58)

Диаметры d, мм			Шаги S, мм	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Крупный	Мелкие
10	—	—	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
—	—	11	1,5	1; 0,75; 0,5
12	—	—	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
—	14	—	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
—	—	15	—	1,5; (1)
16	—	—	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
—	—	17	—	1,5; (1)
—	18	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	—	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
—	22	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	—	—	3	2; 1,5; 1; 0,75

Таблица 7

Основные размеры в мм метрической резьбы с крупным шагом
(по ГОСТу 9150—59)

Диаметры резьбы		Шаг резьбы S	Высота профиля h
наружный d	внутренний d_1		
9	7,647	1,25	0,676
10	8,376	1,5	0,812
11	9,376	1,5	0,812
12	10,106	1,75	0,947
14	11,835	2	1,082
16	13,835	2	1,082
18	15,294	2,5	1,353
20	17,294	2,5	1,353

М20. Резьба с мелким шагом обозначается буквой М, диаметром и шагом через знак ×, например, М12×1,25, М20×2. Более подробные сведения по обозначению резьб см. в следующем параграфе.

Дюймовая резьба применяется в крепежных деталях. Дюймовая резьба стандартизована (ОСТ НКТП 1260), но применяется лишь при изготовлении запасных деталей взамен изношенных, которые имели такую резьбу. Во вновь проектируемых изделиях дюймовая резьба не применяется.

Профиль дюймовой резьбы — треугольный, с углом 55° при вершине (рис. 330, *б*).

Диаметр резьбы измеряется в дюймах; один дюйм (1″) равен 25,4 мм (табл. 8). Дюймовая резьба характеризуется количеством ниток резьбы на длине, равной 1″ (рис. 331).

При обозначении дюймовой резьбы указывается только ее наружный диаметр в дюймах.

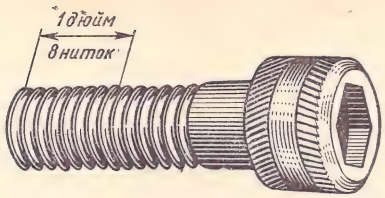


Рис. 331

Пример обозначения дюймовой резьбы диаметром $1^1/_2''$ (шесть ниток на 1″): $1^1/_2''$.

Трубная цилиндрическая резьба применяется для соединения водо- и газопроводных труб.

Профиль резьбы — равнобедренный треугольник с углом 55° при вершине, вершины и впадины закруглены (рис. 330, *в*).

Таблица 8

Основные размеры дюймовой резьбы
(по ОСТу НКТП 1260)

Диаметры резьбы			Шаг резьбы S, мм	Число ниток n на 1″
номинальный d, дюймы	наружный d_0, мм	внутренний d_1, мм		
$1^1/_2$	38,100	32,679	4,233	6
2	50,800	43,572	5,644	$4^1/_2$
$2^1/_2$	63,500	55,369	6,350	4
3	76,200	66,907	7,257	$3^1/_2$

Основные размеры трубной цилиндрической резьбы установлены ГОСТом 6357—52 (табл. 9).

Обозначение трубной цилиндрической резьбы состоит из обозначения размера резьбы (см. табл. 9) с добавлением букв *Труб,* например, *Труб 1″.*

Таблица 9

Основные размеры трубной цилиндрической резьбы
(по ГОСТу 6357—52)

Обозначение размера резьбы, дюймы	Число ниток n на 1″	Шаг резьбы S, мм	Диаметр резьбы, мм	
			наружный d	внутренний d_1
$^1/_4$	19	1,337	13,158	11,446
$^3/_8$	19	1,337	16,663	14,951
1	11	2,309	33,250	30,292
$1^1/_4$	11	2,309	41,912	38,954
$1^3/_4$	11	2,309	53,748	50,791
2	11	2,309	59,616	56,659

Обозначение это условное, так как указывает диаметр отверстия в трубе. Наружный диаметр трубной резьбы будет больше обозначенного на чертеже. Например, обозначение *Труб 1″* соответствует трубной резьбе, имеющей наружный диаметр $d = 33{,}250$ мм и предназначенной для труб с внутренним диаметром *1″* (25,4 мм).

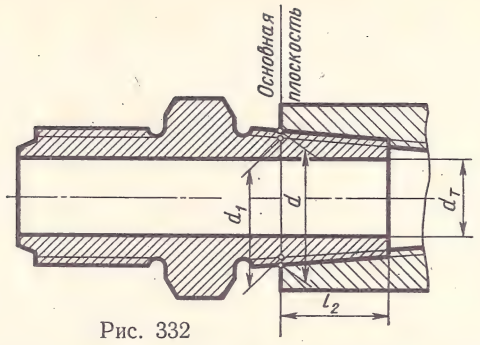


Рис. 332

Трубная коническая резьба применяется в случаях, когда требуется повышенная герметичность соединения труб при больших давлениях жидкости или газа (рис. 330, *г*).

Профиль конической резьбы — равнобедренный треугольник с углом 55° при вершине, биссектриса которого перпендикулярна к оси конуса; конусность равна 1:16.

Трубная коническая резьба стандартизована (ГОСТ 6211—52).

Обозначение конической трубной резьбы $^1/_2''$: *К Труб* $^1/_2''$.

Коническая дюймовая резьба (ГОСТ 6111—52) применяется для соединения топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков.

Профиль конической дюймовой резьбы — треугольник с углом 60° при вершине, биссектриса которого перпендикулярна к оси конуса; конусность равна 1:16.

Условное обозначение конической дюймовой резьбы состоит из буквы К и обозначения размера резьбы, например, *К 3/4″*.

Детали с конической резьбой ввинчиваются до основной плоскости (рис. 332). Диаметры резьбы в основной плоскости, длина l_2 резьбы от торца трубы до основной плоскости и другие размеры определяют в зависимости от размера резьбы по соответствующим стандартам.

Трапецеидальная резьба обычно применяется для винтов, передающих возвратно-поступательное движение (ходовые и грузовые винты, натяжные устройства). Профиль такой резьбы — равнобокая трапеция с наклоном сторон 15° к вертикали (рис. 330, *д*).

Трапецеидальная резьба одноходовая для диаметров от 10 до 640 мм стандартизована (ГОСТ 9484—60).

Трапецеидальная резьба обозначается буквами *Трап*, диаметром и шагом, например, *Трап 60×12*.

Упорная резьба применяется в резьбовых соединениях с большим односторонним давлением (в винтовых прессах, нажимных винтах прокатных станов и др.).

Профиль упорной резьбы — неравнобокая трапеция, одна из сторон которой наклонена на 30, а другая на 3° к вертикали (рис. 330, *е*).

Упорная резьба одноходовая для диаметров от 10 до 600 мм стандартизована (ГОСТ 10177—62).

Упорная резьба обозначается буквами *Уп*, диаметром и шагом, например, *Уп.80×16*.

Прямоугольная резьба. Винты домкратов и прессов часто выполняют с резьбой прямоугольного профиля (рис. 330, *ж*). Этот вид резьбы не стандартизован.

§ 10. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ НА ЧЕРТЕЖАХ

Стандартные резьбы на чертежах обозначают в соответствии с ГОСТом 2.311—68 и стандартами на резьбы. Примеры обозначений различных типов резьб приведены в табл. 10.

При обозначении метрической резьбы шаг указывается только для резьб с мелким шагом. Это объясняется тем, что при одинаковом наружном диаметре резьба может иметь несколько различных шагов (см. табл. 6).

В обозначение метрической резьбы по ГОСТу 16093—70 входит обозначение поля допуска диаметра резьбы, которое состоит из цифры, показывающей степень точности и буквы, обозначающей основное отклонение. Это обозначение следует за обозначением размера резьбы. Например, метрическая резьба с крупным шагом для болта обозначается *М16—6g*, с мелким шагом *М16×1—6g*; резьба с крупным шагом для гайки обозначается *М16—6Н*, с мелким шагом *М16×1—6Н*. На учебных чертежах обозначение поля допуска диаметра резьбы допускается не указывать.

В обозначение трапецеидальной, упорной и трубной цилиндрической резьбы входит класс точности ее изготовления: 1-й, 2-й или 3-й, например *Трап 36×6 кл. 2*.

Направление винтовой линии указывают надписью только для левой резьбы.

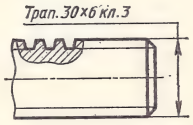
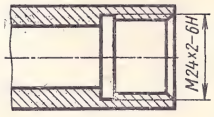
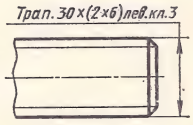
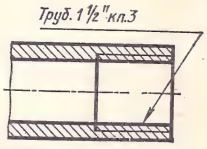
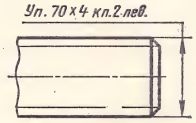
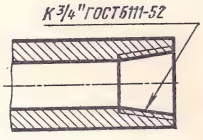
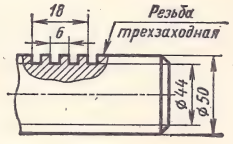
Число заходов указывают только для многозаходных резьб (начиная с двухзаходных).

Резьбу с нестандартным профилем показывают со всеми необходимыми размерами. Кроме того, на чертеже указывают необходимые данные о числе заходов, левом направлении резьбы и т. п. с добавлением слова *Резьба*.

§ 11. СБЕГ РЕЗЬБЫ, ПРОТОЧКИ, ФАСКИ

Резьбу нарезают резцами (рис. 333, *а*), плашками (рис. 333, *б*), метчиками (рис. 334, *а*), а также методом накатывания (рис. 334, *б*).

Условное обозначение резьбы на чертежах

Примеры условного обозначения резьбы	Наименование резьбы	Примеры условного обозначения резьбы	Наименование резьбы
	Резьба метрическая правая, поле допуска диаметра резьбы 6g, наружный диаметр 16 мм, шаг крупный		Резьба трапецеидальная правая однозаходная 3-го класса точности, наружный диаметр 30 мм, шаг 6 мм
	Резьба метрическая правая, поле допуска диаметра резьбы 6Н, наружный диаметр 24 мм, шаг 2 мм, мелкий		Резьба трапецеидальная левая двухзаходная 3-го класса точности, наружный диаметр 30 мм, шаг 6 мм, ход $2 \times 6 = 12$ мм
	Резьба трубная цилиндрическая $1^1/_2''$, правая, 3-го класса точности		Резьба упорная левая 2-го класса точности, наружный диаметр 70 мм, шаг 4 мм
	Резьба коническая дюймовая $^3/_4''$, правая		Резьба прямоугольная правая трехзаходная с нестандартным профилем

Плашки применяют для нарезания наружной резьбы на стержнях (болтах, винтах, шпильках), а метчики — для нарезания внутренней резьбы (в гайках, глухих отверстиях с резьбой и т. п.).

Рабочая (режущая) часть плашки начинается и заканчивается фаской, поэтому на нарезаемом стержне остается неполноценный участок резьбы длиной l с постепенно уменьшающимся по высоте профилем (рис. 335, *а* и *б*). Участок l с неполноценной резьбой называется сбегом резьбы.

Подобный сбег l_1 образуется и на конце глухого (несквозного) отверстия с резьбой (рис. 335, *в* и *г*) при применении метчика, у которого конечная (заборная) часть имеет форму конуса (рис. 334, *а*). Длина сбега резьбы стандартизована (ГОСТ 10549—63).

Для того чтобы конец резьбонарезного инструмента в конце процесса резьбонарезания свободно выходил из границы резания, на стержнях делаются кольцевые или цилиндрические проточки диаметром d_3, несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы d_1 (рис. 336, *а*). Соответственно в конце резьбового отверстия также выполняются кольцевые или цилиндрические проточки диаметром d_4, несколько большим наружного диаметра резьбы d (рис. 336, *б*).

Размеры наружных и внутренних проточек стандартизованы (ГОСТ 10549—63).

Для того чтобы облегчить ввинчивание винта или шпильки в отверстие или навинчивание гайки на болт или шпильку, на концах крепежных деталей и в отверстиях с резьбой делают конические фаски (рис. 337). Иногда концы стерж-

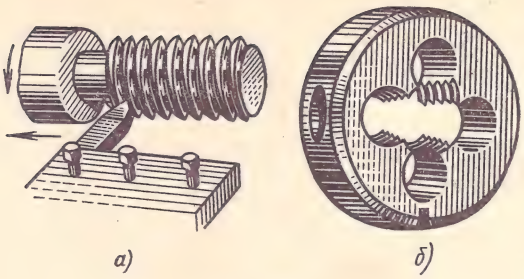


Рис. 333

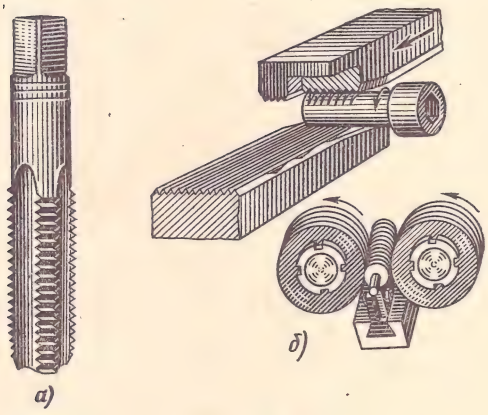


Рис. 334

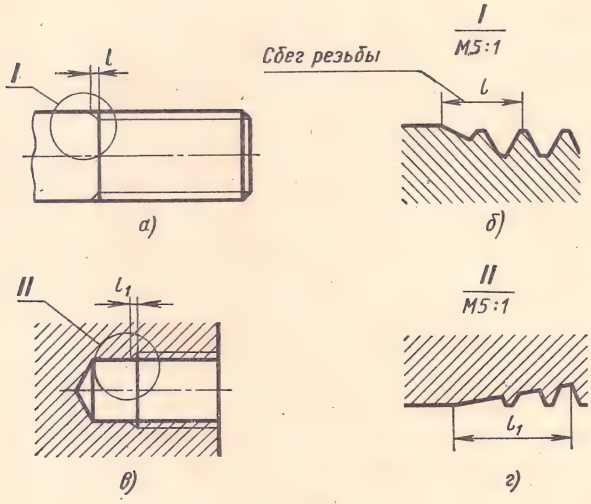


Рис. 335

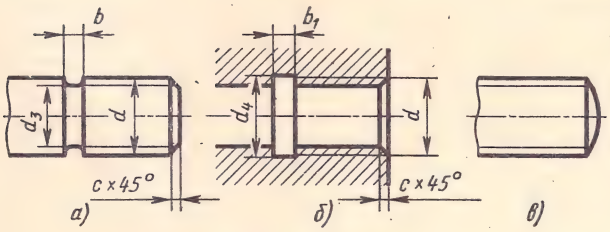


Рис. 336

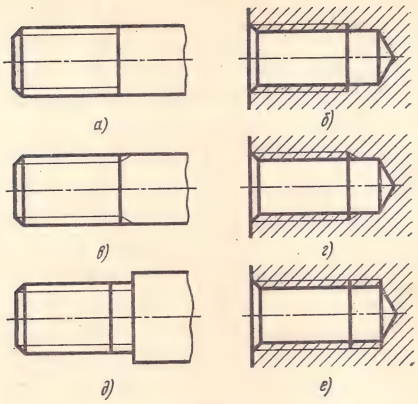


Рис. 337

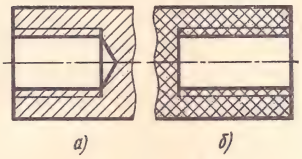


Рис. 338

ней выполняют в форме шарового сегмента (рис. 336, *в*). Размеры фасок и радиусы сферических концов стержней в зависимости от диаметров выбирают по ГОСТу 12414—66.

Резьбы на стержне и в отверстии изображают, как правило, без сбега (рис. 337, *а* и *б*). Если требуется показать сбег резьбы, то его изображают сплошной тонкой линией, приблизительно под углом 45° к оси (рис. 337, *в* и *г*). Недорез резьбы (расстояние от начала сбега до опорной поверхности детали) допускается изображать так, как показано на рис. 337, *д* и *е*.

На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого отверстия допускается изображать упрощенно (рис. 338, *а* и *б*) даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы. Фаски в таких случаях не изображают.

§ 12. РЕЗЬБОВЫЕ КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ

Для разъемного соединения деталей машин применяются крепежные детали — болты, винты, шпильки, гайки. Для стопорения крепежных деталей (предупреждения самоотвинчивания при работе) применяют шплинты, проволоку и различные шайбы. Размеры таких деталей стандартизованы.

Болт представляет собой стержень с шестигранной головкой; на конце стержня нарезана резьба (рис. 339). На головке болта имеется фаска, сглаживающая острые края головки и облегчающая наложение гаечного ключа при завинчивании.

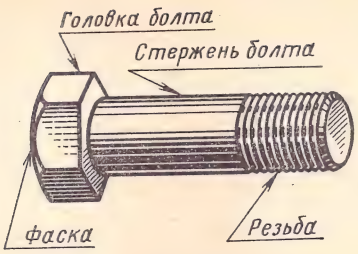


Рис. 339

Болты изготовляют трех степеней точности — повышенной, нормальной и грубой. В большинстве случаев применяют болты нормальной точности.

ГОСТ 7798—70 устанавливает три исполнения болтов с шестигранной головкой (рис. 340):

исполнение 1 — болт без отверстий в головке и стержне;

исполнение 2 — болт с отверстием в резьбовой части стержня (для шплинта);

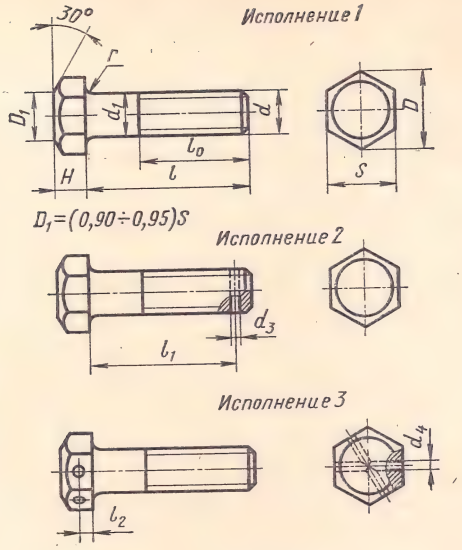


Рис. 340

Таблица 11

Основные размеры в мм болтов с шестигранной головкой
(по ГОСТу 7798—70)

Номинальный диаметр резьбы d		8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42
Шаг резьбы	Крупный	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4,5
	Мелкий	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	3	3
Диаметр стержня d_1		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42
Размер «под ключ» S		13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	55	65
Высота головки H		5,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0	23,0	26,0
Диаметр описанной окружности D, не менее		14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,9	33,3	35,0	39,6	45,2	50,9	60,8	72,1
Радиус под головкой r	Не менее	0,40			0,60			0,80			1,00			1,20
	Не более	1,1			1,6			2,2			2,7		3,2	3,3

Длина болта l	Длина резьбы l_0 при номинальном диаметре резьбы d (знаком × отмечены болты с резьбой на всей длине стержня)												
	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42
70	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	×	×	×
75	22	28	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
80	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
(85)	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
90	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
(95)	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
100	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×

Примечание. Размеры болтов, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

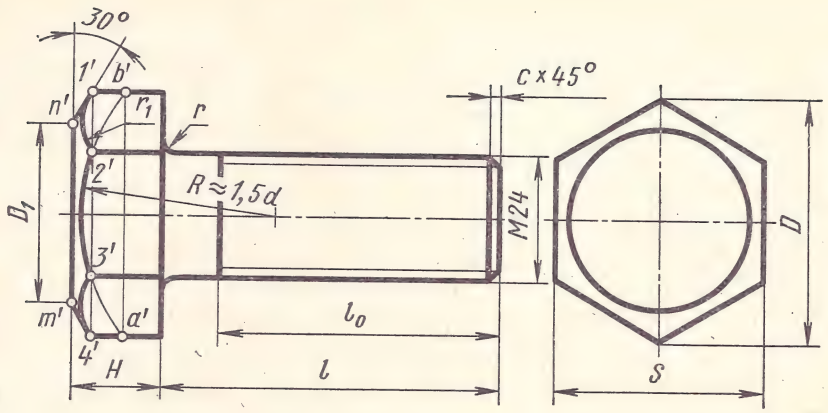


Рис. 341

исполнение 3 — болт с двумя отверстиями в головке (для проволоки, которой соединяют группу болтов).

Болты исполнений 2 и 3 применяются для соединения деталей, испытывающих при работе вибрации, толчки и удары, которые ведут к самоотвинчиванию гаек и болтов.

Основные размеры болтов с шестигранной головкой нормальной точности приведены в табл. 11. Подробные таблицы размеров стандартных болтов всех типов содержатся в сборниках стандартов на крепежные изделия. На рис. 341 приведен чертеж стандартного болта с резьбой М24, выполненный по размерам, взятым из ГОСТа 7798—70.

Независимо от рабочего положения болты (а также шпильки, винты, гайки) вычерчивают так, чтобы их ось располагалась параллельно основной надписи чертежа.

Для выполнения чертежа болта по табл. 11 подбирают требуемую длину l стержня болта, например, 80 мм. Длину резьбы l_0 определяют по номинальному диаметру $d = 24$ мм и длине $l = 80$ мм; в данном случае $l_0 = 54$ мм. По табл. 11 подбирают размеры для построения главного вида и вида слева шестигранной головки болта: $H = 15$ мм; $S = 36$ мм и $D = 39{,}6$ мм.

На виде слева проводят окружность диаметра $D_1 = 0{,}95\ S$, изображающую границу торца головки; отрезок $n'm'$ — фронтальная проекция окружности D_1.

Из точек n' и m' под углом 30° к вертикали проводят прямые линии, ограничивающие фаски. Фаска представляет собой поверхность усеченного конуса.

Полученные точки $1'$ и $4'$ соединяют вертикальной вспомогательной прямой. При пересечении граней головки с конической поверхностью фаски образуются гиперболы, которые с целью упрощения построений заменяют дугами окружностей радиусов примерно $R = 1{,}5\ d$ и r_1.

Величину радиуса r_1 находят построением. Дуга окружности радиуса R определяет точки a' и b'. Центры дуг радиуса r_1 находятся на прямой $a'b'$. Концы дуг — точки $1'$, $2'$, $3'$ и $4'$ — расположены на прямой $1'4'$.

Все стандартные болты имеют условные обозначения.

Например, условное обозначение болта с шестигранной головкой нормальной точности исполнения 1 *Болт М24×80.109.40Х.01* расшифровывается так:

М24 — резьба метрическая с крупным шагом, $d = 24$ мм;

80 — длина болта $l = 80$ мм;

10.9 — класс прочности болта;

40Х — марка стали, из которой изготовлен болт;

01 — обозначение покрытия (цинковое с хроматированием).

По ГОСТу 1759—70 «Болты, винты, шпильки и гайки. Технические требования» механические свойства этих деталей, изготовленных из сталей разных марок, характеризуются классом прочности. Класс прочности болтов обозначается двумя числами, например, 3.6; 4.5; 5.8; 8.8; 10.9; 12.9 и др.

В зависимости от класса прочности болты изготовляют из сталей разных марок, например, классу прочности 4.6 соответствует сталь марки 20, классу 5.6 — сталь марок 30 или 35, классу 10.9 — сталь марок 40Г2, 40Х и др., классу 12.9 — сталь марки 35ХГСА.

В обозначении класса прочности первое число, умноженное на 10, определяет величину минимального временного сопротивления в кгс/мм². Второе число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах. Произведение чисел представляет собой величину предела текучести в кгс/мм².

С целью предупреждения коррозии на поверхность крепежных деталей наносят различные покрытия. Виды и условные обозначения некоторых покрытий по ГОСТу 1759—70 следующие: 00 — без покрытия; 01 — цинковое с хроматированием; 07 — оловянное; 08 — медное; 09 — цинковое.

Болт с шестигранной головкой нормальной точности исполнения 1 без покрытия класса прочности 5.8 диаметром $d = 24$ мм, длиной

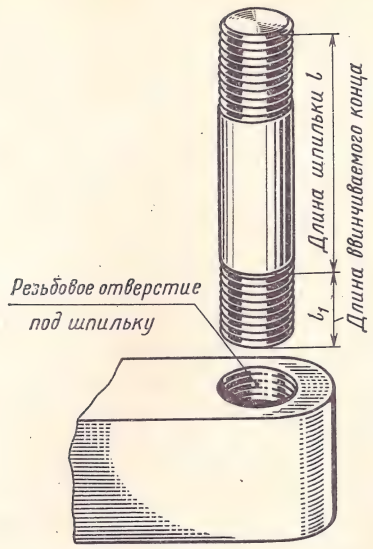


Рис. 342

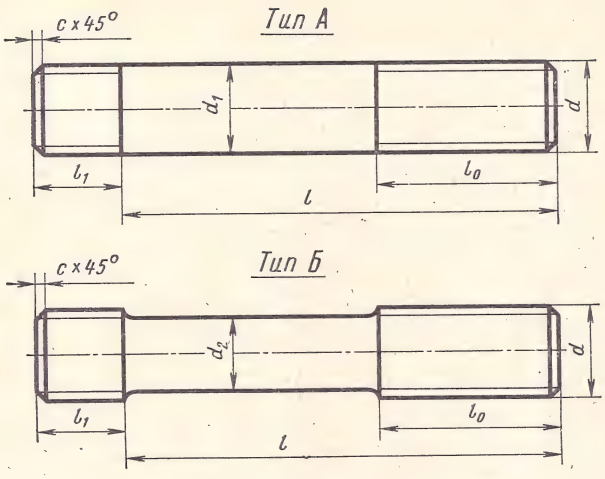


Рис. 343

$l = 80$ мм с крупным шагом резьбы обозначается так: *Болт М24×80.58 ГОСТ 7798—70.*

Шпильки применяют для соединения деталей в том случае, когда недостаточно места для размещения головки болта или при большой толщине одной из соединяемых деталей, когда слишком длинный болт применять неэкономично.

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень, имеющий с двух концов однозаходную резьбу треугольного профиля, в большинстве случаев правую. Одним резьбовым концом шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие, выполненное в одной из деталей (рис. 342), а на второй конец с резьбой навинчивается гайка, закрепляющая соединяемые детали.

Шпильки изготовляются по ГОСТу 11765—66 двух типов (рис. 343).

В зависимости от материала детали, в которую ввинчивается шпилька, длина ввинчиваемого резьбового конца l_1 выполняется по ГОСТу 11765—66 разной длины. Для стальных, бронзовых и латунных деталей $l_1 = d$, для чугунных деталей $l_1 = 1{,}25d$, для деталей из легких сплавов $l_1 = 2d$.

Условное обозначение шпильки типа А без покрытия *Шпилька М16×1,5×120* $\frac{16}{38}$ *58 ГОСТ 11765—66* расшифровывается так:

М16×1,5 — резьба метрическая с мелким шагом, $d = 24$ мм, $S = 1{,}5$ мм;

120 — длина шпильки $l = 120$ мм;

16 — длина ввинчиваемого резьбового конца $l_1 = d = 16$ мм;

38 — длина резьбового конца $l_0 = 38$ мм;

5.8 — класс прочности.

Винты применяются для соединения деталей, а также используются в качестве стопорных и регулирующих деталей (установочные винты).

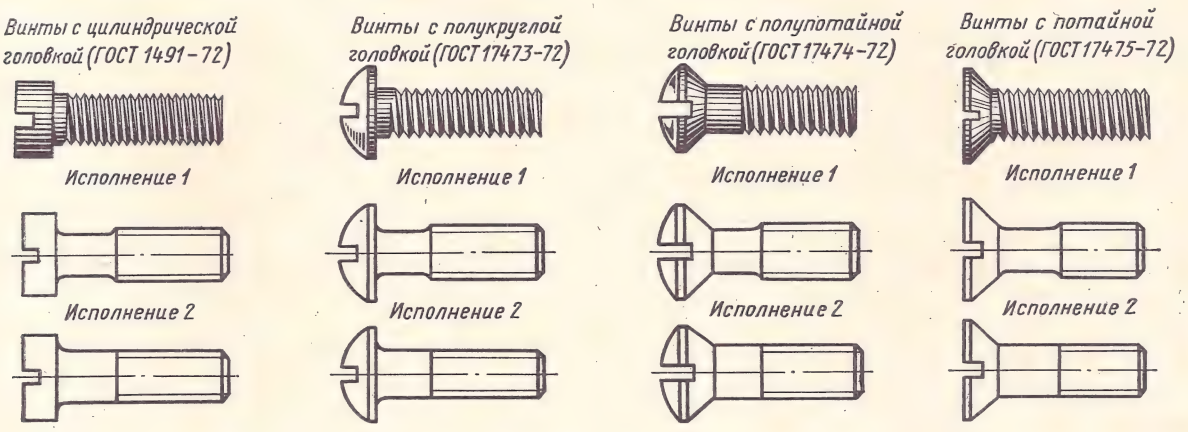


Рис. 344

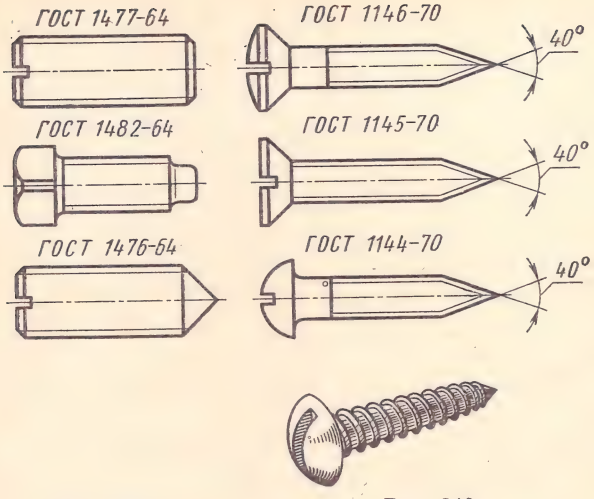


Рис. 345

Рис. 346

Винты, как и шпильки, ввинчиваются в отверстие с резьбой, но гайка в этом соединении отсутствует.

Винты изготовляют с шестигранными и квадратными головками — под ключ и с цилиндрическими, полукруглыми, потайными головками, имеющими прорези (шлицы), — под отвертку.

На рис. 344 показаны наиболее часто применяемые винты. Установочные винты показаны на рис. 345.

Для скрепления деталей из мягких пластмасс или из дерева применяются шурупы — винты с резьбой большего шага. На рис. 346 изображено несколько типов стандартных шурупов.

Условное обозначение винта с цилиндрической головкой исполнения 1 без покрытия класса прочности 5.8 диаметром резьбы $d = 10$ мм, длиной $l = 25$ мм с крупным шагом резьбы: *Винт М10×25.58 ГОСТ 1491—72.*

Гайки навинчиваются на резьбовые концы болтов или шпилек. При затяжке гайки соединяемые детали зажимаются между гайкой и головкой болта.

Наиболее часто применяют шестигранные гайки, имеющие форму шестигранной призмы с фаской, как у головки болта (рис. 347, *а*); квадратные и цилиндрические гайки применяются реже.

Шестигранные гайки стандартизованы, поэтому их чертежи надо выполнять по размерам, взятым из соответствующего ГОСТа. Изображение гайки (рис. 347, *б*) строят в той же последовательности, что и головка болта на рис. 341.

Гайки изготовляют грубой, нормальной и повышенной точности. Последние применяют для соединения деталей в ответственных конструкциях.

Для соединения деталей, работающих с вибрациями и толчками, во избежание самоотвинчивания применяют прорезные гайки (рис. 348, *а*). Прорези служат для прохода шплинта, которым стопорят гайку.

При затяжке гаек вручную (без ключа) применяют гайки-барашки по ГОСТу 3032—66 (рис. 348, *б*).

Условное обозначение шестигранной гайки нормальной точности исполнения 1 *Гайка М24.5.08 ГОСТ 5915—70* расшифровывается так:

М24 — резьба метрическая с крупным шагом, $d = 24$ мм;
5 — класс прочности гайки;
08 — вид покрытия (медное).

Класс прочности гаек из сталей обозначается по ГОСТу 1759—70 числом, которое при умножении на 10 дает величину напряжения от испытательной нагрузки в кгс/мм².

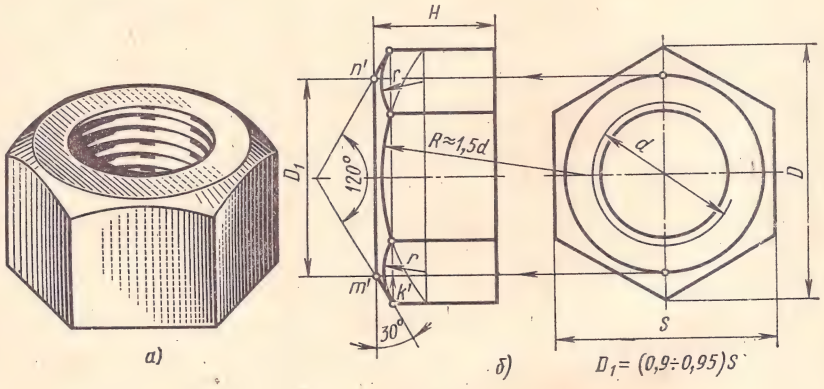


Рис. 347

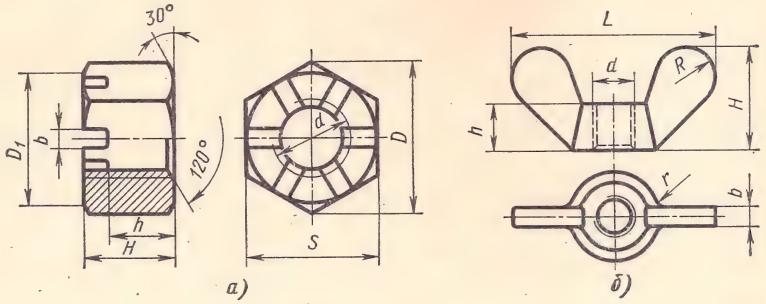


Рис. 348

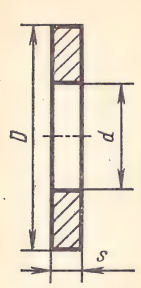


Рис. 349

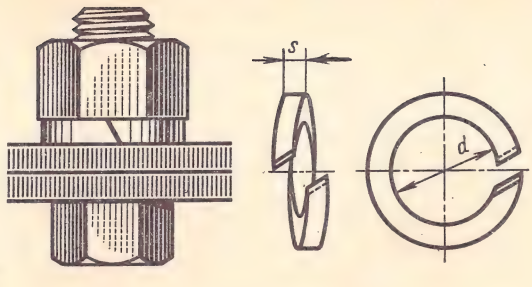


Рис. 350

Обозначение той же гайки с мелким шагом резьбы $S = 1{,}5$ мм: *Гайка М24×1,5.5.08 ГОСТ 5915—70.*

При обозначении крепежных деталей на учебных чертежах класс прочности и вид покрытия не указывают.

§ 13. ШАЙБЫ И ШПЛИНТЫ

Шайбы применяются при следующих условиях:

а) если отверстия под болты или шпильки некруглые (овальные, прямоугольные), когда мала опорная поверхность у гаек;

б) если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров при затяжке гайки;

в) если детали изготовлены из мягкого материала (алюминия, латуни, бронзы, дерева, пластмассы); в этом случае нужна большая опорная поверхность под гайкой для предупреждения смятия детали.

Размеры плоских шайб (рис. 349) берут из ГОСТа 11371—68.

В целях предупреждения самоотвинчивания болтов, винтов и гаек от вибраций и толчков применяют пружинные шайбы (рис. 350). Такая шайба представляет собой как бы виток резьбы квадратного профиля с левым направлением винтовой линии. Пружинная шайба разрезана под углом 70—85° к плоскости опоры, острые края ее при сжатии гайкой стремятся внедриться в торец гайки и опорную поверхность детали, задерживая обратное вращение гайки.

Размеры пружинных шайб берут из ГОСТа 6402—70.

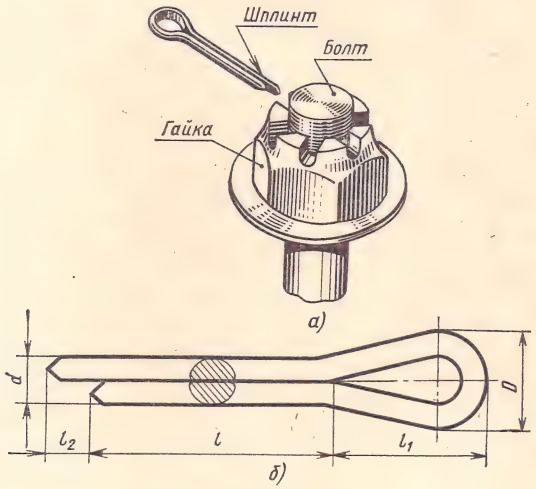


Рис. 351

Шплинты также применяют для предупреждения самоотвинчивания гаек (рис. 351, *а*). Шплинты изготовляют преимущественно из мягкой стальной проволоки полукруглого сечения.

После завинчивания гайки шплинт вставляют в отверстие болта и отгибают концы шплинта. Размеры шплинтов берут по ГОСТу 397—66.

В условном обозначении шайбы из материала подгруппы 00 без покрытия *Шайба 24—00 ГОСТ 11371—68* число 24 означает номинальный диаметр резьбы болта, винта или шпильки. Диаметр отверстия шайбы выполняется несколько бо́льшим. В обозначении шайбы иногда указывается допускаемая толщина, например, *Шайба 24×3—00 ГОСТ 11371—68.*

Пружинная шайба без покрытия из стали 65Г для болтов, шпилек и винтов диаметром 12 мм обозначается так: *Шайба 12 65Г ГОСТ 6402—70.*

Шплинт с условным диаметром (равным диаметру отверстия) $d = 5$ мм, длиной $l = 28$ мм из материала подгруппы 00 без покрытия обозначается так: *Шплинт 5×28—00 ГОСТ 397—66.*

На учебных чертежах шайбы и шплинты обозначают упрощенно, без указания материала и покрытия.

§ 14. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Детали машин и приборов соединяют крепежными деталями. Кроме того, применяются резьбовые соединения деталей, на одной из которых нарезана наружная, а на другой — внутренняя резьба.

Такие соединения, называемые **разъемными,** можно разобрать без повреждения деталей.

Чертежи разъемных соединений выполняют с применением рекомендуемых стандартами упрощений и условностей.

Соединение болтами. При изображении болтовых соединений на учебных сборочных чертежах с целью экономии времени болт, гайку и шайбу рекомендуется вычерчивать не по размерам, взятым из ГОСТов, а по условным соотношениям размеров этих деталей, приведенным на рис. 352.

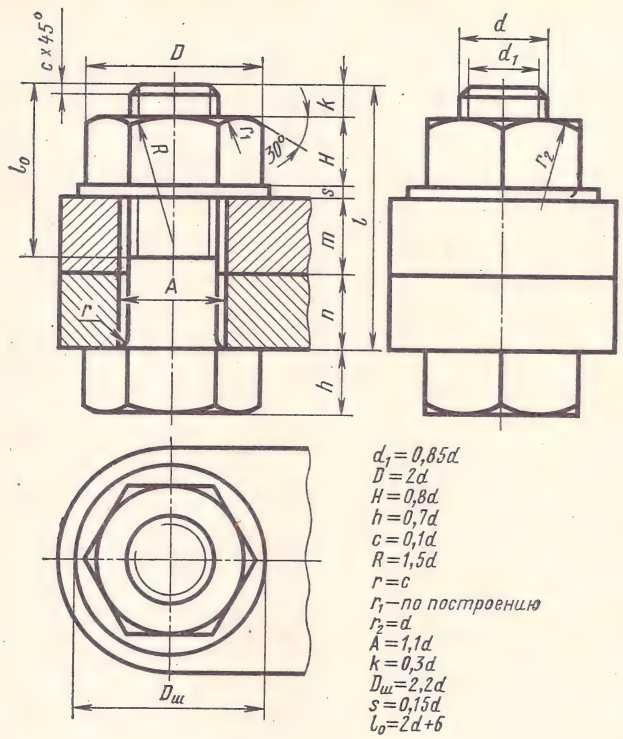


Рис. 352

Длина болта l подсчитывается по формуле

$$l = m + n + s + H + k,$$

где m и n — толщины соединяемых деталей в мм;
s — толщина шайбы в мм;
H — высота гайки в мм;
k — длина выступающего над гайкой конца болта в мм.

Подсчитав длину болта, по табл. 11 подбирают ближайшее большее значение l и в зависимости от диаметра d и размера l — длину резьбы l_0. Размер l_0 можно принять равным $2d + 6$ мм.

Соединение шпильками. При вычерчивании на сборочных чертежах шпилечного соединения (рис. 353, *е*) пользуются условными соотношениями между диаметром резьбы d и размерами элементов гайки и шайбы, приведенными на рис. 352.

Длину l_1 ввинчиваемого конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали и уточняют по ГОСТу 11765—66.

Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку и порядок сборки шпилечного соединения показаны на рис. 353.

Вначале сверлят отверстие диаметра d_1 на глубину $l_2 = l_1 + 6S$ или, упрощено, $l_2 = l_1 + 0{,}5\,d$. Отверстие заканчивается конической поверхностью. Угол конуса на чертеже равен 120° (рис. 353, *а*).

Резьбу в отверстии детали нарезают метчиком (рис. 353, *б*) по наружному диаметру d. Так как на конце метчика имеется заборный конус, предупреждающий поломку метчика в начале резания, то глубина резьбы l_3 будет равна $l_3 = l_1 + 2S$. Границу резьбы изображают сплошной основной линией, перпендикулярной к оси отверстия.

Номинальные диаметры резьбы шпильки и резьбового отверстия одинаковы (рис. 353, *в*).

Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие детали A на всю длину резьбы l_1, т. е. конец резьбы ввинчиваемого конца совпадает с линией разъема соединяемых деталей (рис. 353, *г*).

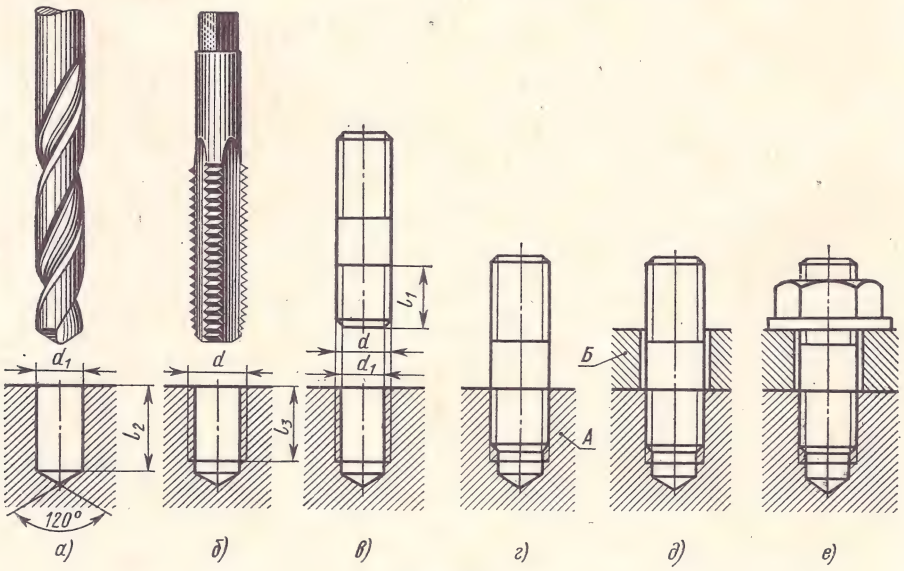


Рис. 353

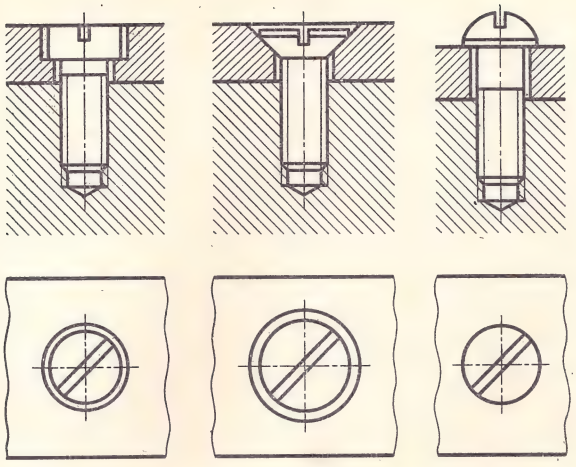


Рис. 354

Сверху устанавливается деталь *Б* с просверленным заранее отверстием несколько большего диаметра, чем диаметр шпильки (рис. 353, *д*). На свободный конец шпильки надевается шайба и навинчивается гайка (рис. 353, *е*).

Соединение винтами. В винтовом соединении, как и в шпилечном, резьбовая часть винта ввинчивается в резьбовое отверстие детали. Чертежи соединений деталей винтами различных типов показаны на рис. 354. Граница резьбы винта должна быть выше линии разъема деталей.

Широко применяются в машинах и приборах установочные винты. Как показывает название, такие винты служат для взаимного фиксирования (установки) деталей относительно друг друга в заданном положении. Головки установочных винтов, а также их концы имеют разнообразные конструктивные формы.

Изображения деталей с установочными винтами показаны на рис. 355, *а*, *б* и *в*.

Изображение соединения деталей шурупом показано на рис. 355, *г*.

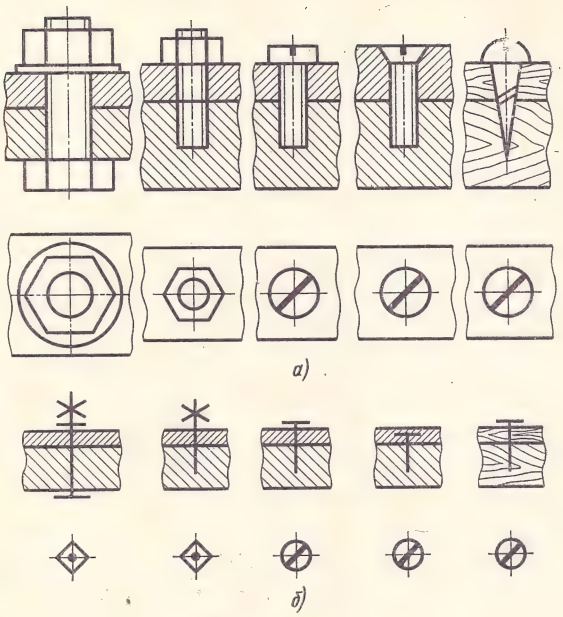


Рис. 356

На рис. 356 приведены примеры упрощенных (рис. 356, *а*) и условных (рис. 356, *б*) изображений болтов, винтов и шпилек на сборочных чертежах по ГОСТу 2.315—68. В этом случае резьбу показывают по всей длине стержня, зазор между стержнем болта и отверстием, а также фаски и галтели не показывают.

Шлицы на головках винтов условно изображают одной сплошной линией: на одном виде — по оси винта, на другом — под углом 45° к рамке чертежа. Если линия шлица, проведенная под углом 45° к рамке чертежа, совпадает с центровой линией или близка по направлению к ней, то линия шлица проводится под углом 45° к центровой линии.

Условные изображения (рис. 356, *б*) применяются в тех случаях, когда диаметр резьбы на чертеже равен или менее 2 мм.

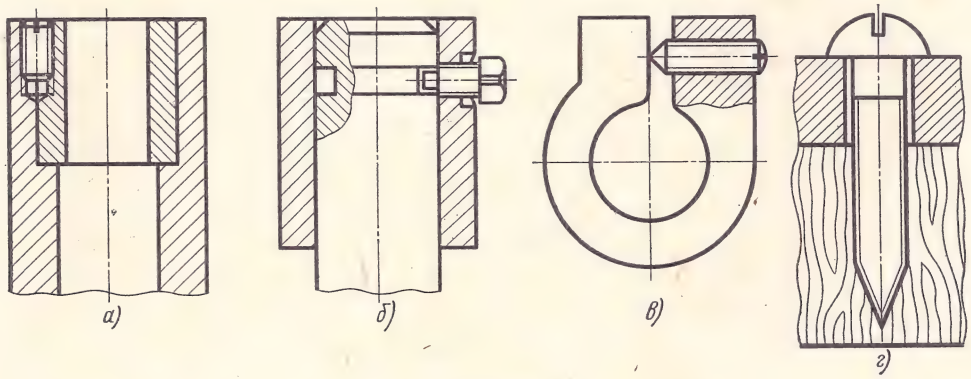
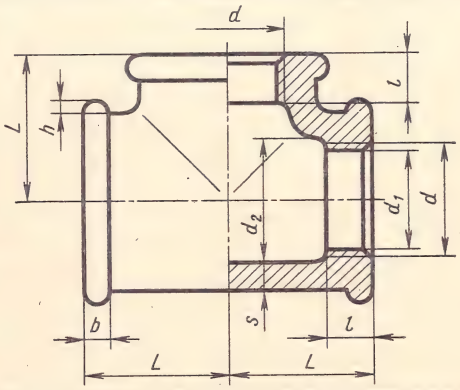


Рис. 355

Таблица 12

Основные размеры в мм прямых тройников
(по ГОСТам 8945—59 и 8948—59)



Условный проход D_y	Резьба			d_2	l	L	S	h	b
	Обозначение	d	d_1						
25	Труб. 1″	32,250	30,292	34,0	15,0	38	3,3	2,5	4,0
40	Труб. $1\frac{1}{2}$″	47,805	44,847	48,5	19,0	50	4,0	3,0	4,0
50	Труб. 2″	59,616	56,659	60,5	21,0	58	4,5	3,5	5,0

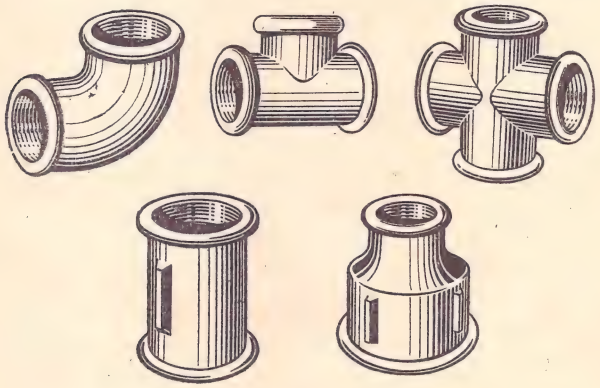


Рис. 357

Рис. 358

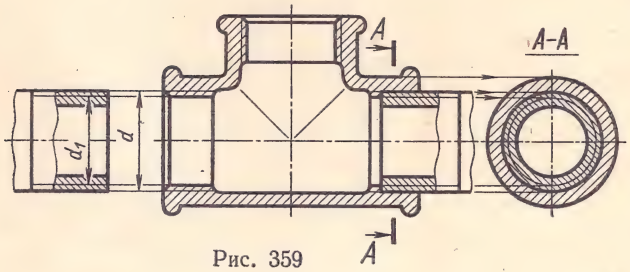


Рис. 359

§ 15. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ С ПОМОЩЬЮ ФИТИНГОВ

В пневматических, гидравлических и теплотехнических установках применяется резьбовое соединение труб (без крепежных деталей). Трубы соединяют между собой специальными деталями — фитингами (рис. 357), которые применяются в тех случаях, когда конец одной трубы невозможно непосредственно соединить с концом другой трубы или когда трубы расположены под углом.

В большинстве случаев на фитингах и трубах нарезается трубная цилиндрическая резьба.

Кроме стандартных фитингов, при необходимости применяются специальные фитинги (рис. 358).

При выполнении разреза трубного соединения на плоскости, параллельной оси соединения, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой трубы (рис. 359). Это правило должно соблюдаться и на поперечных разрезах соединений (рис. 359, сечение A—A).

При вычерчивании стандартных труб и фитингов размеры их берут из соответствующих ГОСТов. В табл. 12 приведены для примера размеры стандартных прямых тройников.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем разница между шагом и ходом многозаходного винта?
2. Назовите виды стандартных резьб.
3. В чем различие в обозначениях метрических резьб с крупным и мелким шагом?
4. Чему равняется длина ввинчиваемого конца шпильки, предназначенной для соединения двух чугунных деталей?
5. Чему равняется глубина отверстия под шпильку для чугунной, стальной и алюминиевой детали?

ГЛАВА 4

ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Чертеж детали является конструкторским документом, содержащим изображение детали, размеры и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Если чертеж детали выполняется без чертежных инструментов в глазомерном масштабе, то он называется эскизом. Эскизы выполняют на любой бумаге стандартного формата. В учебных условиях применяется писчая бумага, разграфленная в клетку.

Перед выполнением чертежей детали необходимо изучить все, что относится к содержанию чертежей: наиболее распространенные элементы деталей, обозначения шероховатости поверхностей, отклонения размеров и форм, технические требования, обозначения материалов и др.

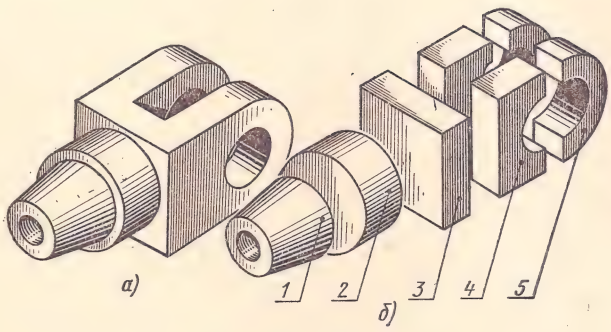


Рис. 360

§ 1. ФОРМА И ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Конструирование деталей машин представляет собой сложный творческий процесс, сопровождающийся решением ряда технических задач. К таким задачам, в частности, относится обеспечение прочности и износоустойчивости детали, технологичности (простоты изготовления), удобства сборки и разборки, наименьшей массы и многое другое.

Решение этих задач во многом зависит от придания детали рациональных геометрических форм. Какую бы сложную форму ни имела деталь, конструктор проектирует ее как сочетание простейших геометрических тел или их частей.

Перед составлением эскиза или выполнением рабочего чертежа детали необходимо тщательно проанализировать форму детали, мысленно расчленив ее на отдельные геометрические тела (или их части —элементы). Только при этом условии можно получить полноценный эскиз и рабочий чертеж.

Пример анализа формы детали (проушины) дан на рис. 360.

Проушина (рис. 360, *а*) состоит из следующих тел (рис. 360, *б*): усеченного конуса *1* с резьбовым отверстием, прямого кругового цилиндра *2*, прямоугольного параллелепипеда *3*, двух прямоугольных параллелепипедов *4* с цилиндрической выемкой и двух полых полуцилиндров *5*.

На рис. 361 приведены изображения и наименования наиболее распространенных элементов деталей машин.

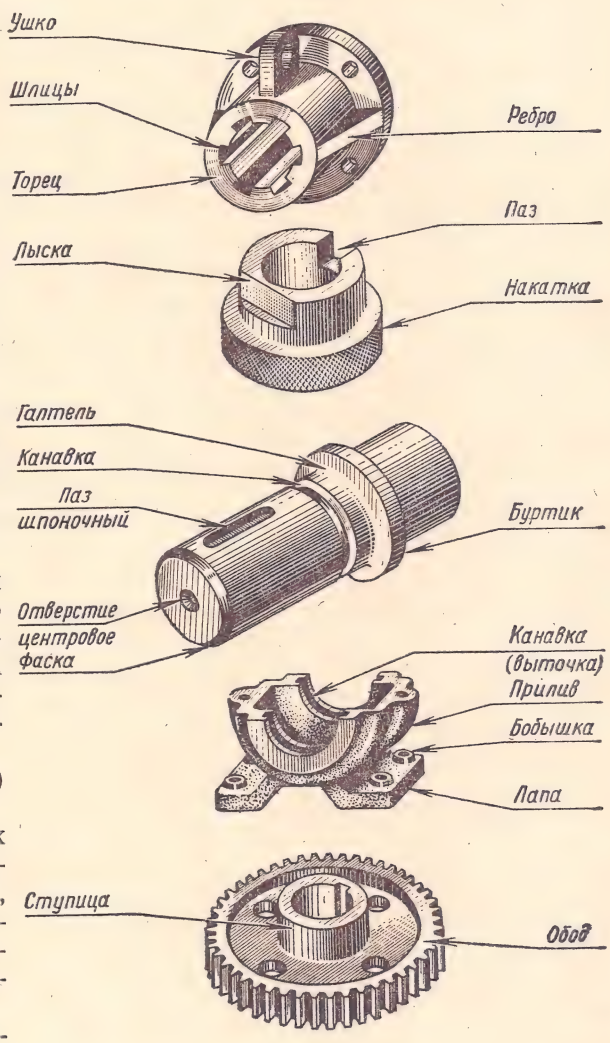


Рис. 361

На эскизах и чертежах деталей, кроме изображений, содержатся данные, необходимые для изготовления и контроля (приемки) детали, а именно:

а) размеры с предельными отклонениями;

б) обозначения шероховатости поверхности;

в) указания о покрытиях и термической обработке;

г) обозначение материала, из которого должна быть изготовлена деталь, и т. п.

Эти данные помещаются на изображениях, на свободном поле чертежа в технических требованиях или в основной надписи.

§ 2. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ, ПОКРЫТИЙ И ТЕРМООБРАБОТКИ

Наблюдая поверхность детали через лупу или другой увеличительный прибор, можно заметить, что она не во всех местах одинаковая и имеет неровности в виде мелких выступов и впадин (микронеровности). Совокупность этих неровностей, образующих рельеф поверхности на определенной базовой длине l, называется шероховатостью.

На одних поверхностях деталей неровности могут быть заметны невооруженным глазом, на других — только при помощи приборов. В таких случаях говорят, что поверхность детали имеет различную шероховатость.

Шероховатость поверхности по ГОСТу 2789—59 определяется одним из следующих параметров (рис. 362):

а) среднее арифметическое отклонение R_a, т. е. среднее значение расстояний точек измеренного профиля до его средней линии:

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \ldots + |y_n|}{n};$$

б) высота неровностей R_z, т. е. среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины l пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии:

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \ldots + h_9) - (h_2 + h_4 + \ldots + h_{10})}{5}.$$

ГОСТом 2789—59 установлено четырнадцать классов чистоты поверхности (табл. 13).

При обработке деталей различными металлорежущими инструментами получают разную шероховатость поверхностей (рис. 367).

ГОСТы 2789—59 и 2.309—68 устанавливают терминологию, классификацию и обозначения шероховатости поверхностей деталей из металлических и неметаллических материалов (кроме древесины), а также правила нанесения обозначений шероховатости на чертежи изделий всех отраслей промышленности.

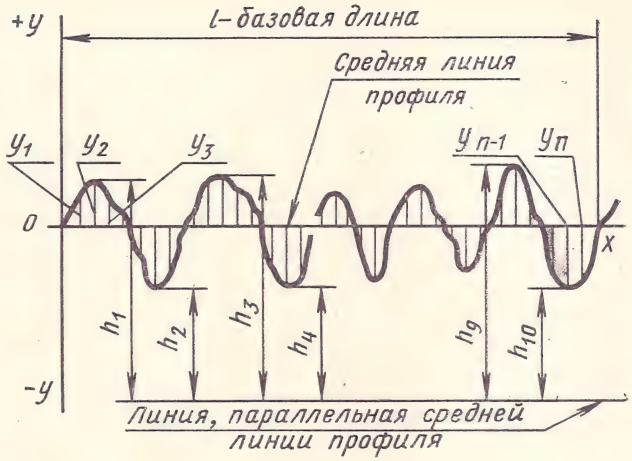


Рис. 362

Для обозначения всех классов чистоты установлен один знак — равносторонний треугольник (рис. 363, *а*). Высота h треугольника должна быть приблизительно равна высоте цифр размерных чисел на том же чертеже. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

Справа от треугольника указывается число, обозначающее класс чистоты; цифры должны быть одинаковой высоты с треугольником и не должны касаться контурных или размерных линий.

Таблица 13

Значения параметров R_a и R_z для различных классов чистоты

(по ГОСТу 2789—59)

Класс чистоты поверхности	R_a (мкм, не более)	R_z (мкм, не более)	Базовая длина l, мм
1	80	320	8
2	40	160	
3	20	80	
4	10	40	2,5
5	5	20	
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	
8	0,63	3,2	
9	0,32	1,6	0,25
10	0,16	0,8	
11	0,08	0,4	
12	0,04	0,2	
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	

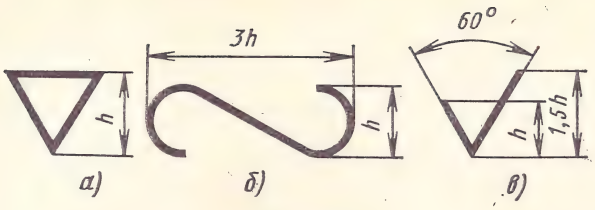


Рис. 363

Обозначения шероховатости поверхности на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недостатке места знаки шероховатости допускается располагать на размерных линиях или в разрыве выносных линий.

Примеры нанесения обозначений шероховатости на чертежах показаны на рис. 364.

Знак шероховатости, заключенный в скобки (рис. 364, *а*), означает, что все остальные поверхности детали, кроме обозначенных знаками шероховатости ▽ или знаком ~, имеют шероховатость, указанную перед скобкой, т. е. в данном примере ▽3.

Если шероховатость всех поверхностей детали должна быть одинаковой, то обозначение шероховатости наносят не на изображении детали, а в правом верхнем углу чертежа (рис. 364, *б*).

Размеры знаков, вынесенных в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше знаков, нанесенных на изображении. Знаки должны быть расположены на расстоянии 5—10 мм от рамки чертежа. Высота знака, заключенного в скобки, должна быть одинаковой с высотой знаков, нанесенных на изображении (рис. 364).

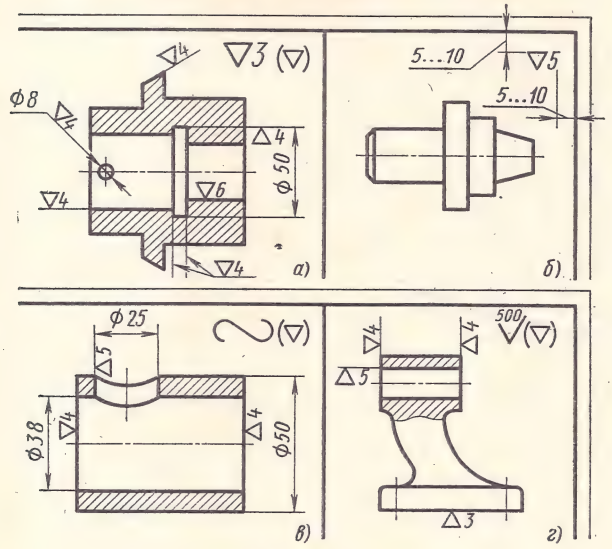


Рис. 364

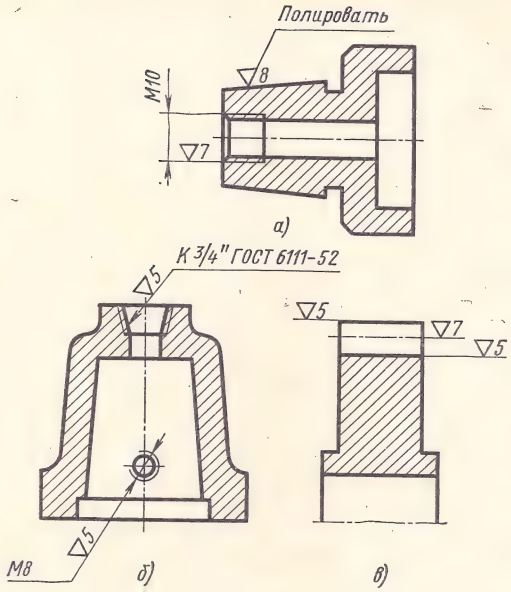


Рис. 365

Поверхности, не определяемые данным чертежом, т. е. сохраняющиеся в состоянии поставки (например, полученные отливкой, ковкой, штамповкой, прокаткой) и не подвергающиеся дополнительной обработке, обозначаются знаком, показанным на рис. 363, *б*.

Например, деталь, показанная на рис. 364, *в*, изготовлена из отрезка стандартной трубы, полученной с предприятия, выпускающего трубы. При изготовлении детали были обработаны торцы и просверлено отверстие ⌀25. Остальные поверхности детали — внутренняя и наружная — на данном предприятии не обрабатывались и остались в состоянии поставки. Поэтому в верхнем правом углу чертежа наносят знак, обозначающий, что поверхности ⌀38 и ⌀50 сохраняются в состоянии поставки и не требуют дополнительной обработки.

Шероховатость поверхности грубее первого класса чистоты обозначают знаком, показанным на рис. 363, *в*. Над этим знаком указывают высоту неровностей в микрометрах (рис. 364, *г*).

Шероховатость поверхности резьбы обозначается, как показано на рис. 365, *а* и *б*.

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев, зубчатых колес, эвольвентных шлиц и т. п., если на чертеже не дается их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 365, *в*).

Шероховатость поверхностей повторяющихся элементов детали (например, одинаковых отверстий, пазов, зубьев) обозначается только один раз. На линиях невидимого контура ставить знаки шероховатости не рекомендуется.

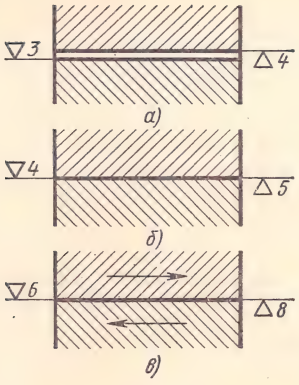


Рис. 366

Обозначения шероховатости поверхности следует располагать как можно ближе к размерной линии, относящейся к данной поверхности.

Допускается к знаку шероховатости добавлять указание о способе обработки поверхности, например, *Полировать* (рис. 365, *а*), если этот способ является единственным, гарантирующим необходимую шероховатость поверхности.

Чтобы правильно и точно задать шероховатость поверхности, надо изучить ряд специальных курсов.

Шероховатость поверхности детали задается при конструировании машины исходя из функционального назначения детали, т. е. из условий ее работы, либо из эстетических соображений.

Так, например, шероховатость поверхностей деталей неподвижного соединения с зазором должна быть примерно 3—4-го класса (рис. 366, *а*), шероховатость поверхностей деталей неподвижного соединения без зазора (привалочных поверхностей) — 4—5-го класса (рис. 366, *б*), шероховатость поверхностей деталей подвижного соединения — 6—8-го класса (рис. 366, *в*).

Нужный класс чистоты поверхности обеспечивается технологией изготовления детали.

На рис. 367 показана деталь и инструменты, которыми она обрабатывается. К каждой поверхности дана выноска с указанием среднего класса чистоты, который достигается при обработке соответствующим инструментом.

При контроле класса чистоты деталей на производстве иногда пользуются эталонами (образцами) шероховатости, т. е. визуально сравнивают шероховатость поверхности детали и шероховатость эталона.

Аналогично при вычерчивании деталей учащиеся могут пользоваться эталонами, имеющимися в кабинетах черчения.

Кроме обозначения шероховатости на рабочих чертежах деталей даются указания о покрытиях, термической и других видах обработки поверхности. Правила нанесения на чертежах соответствующих обозначений подробно изложены в ГОСТе 2.310—68.

Обозначения покрытий указывают в технических требованиях чертежа.

Если термообработке или покрытию подвергаются только некоторые части поверхности детали, то эту часть поверхности обводят штрихпунктирной утолщенной линией на том изображении, где она ясно определена, и делают соответствующую надпись (рис. 368).

Термическая обработка (цементация, азотирование, закалка и др.) применяется для улучшения механических свойств деталей.

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают

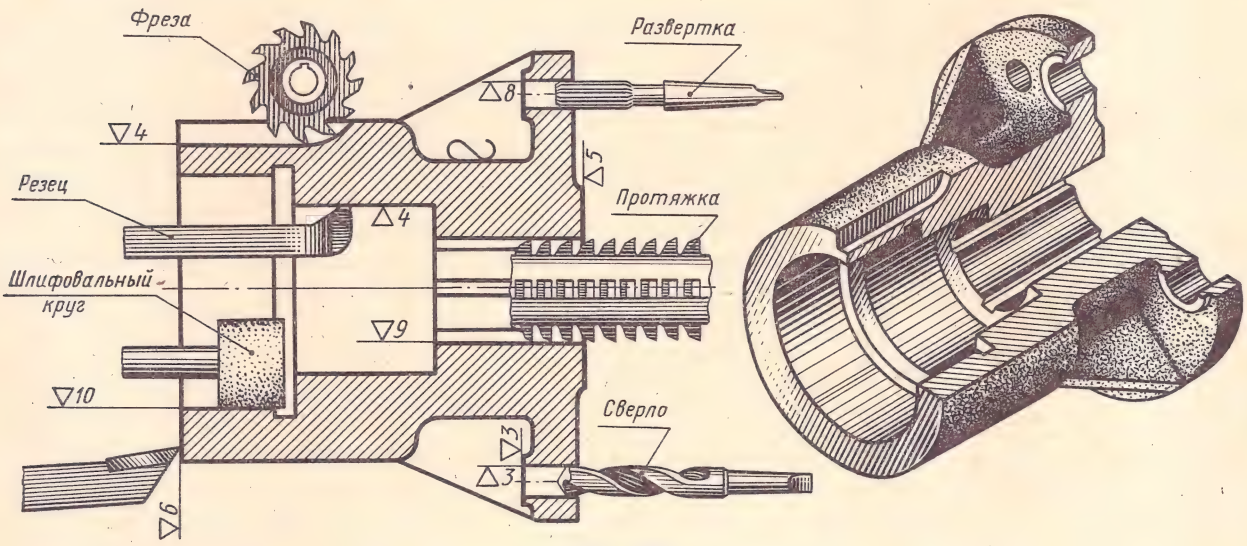


Рис. 367

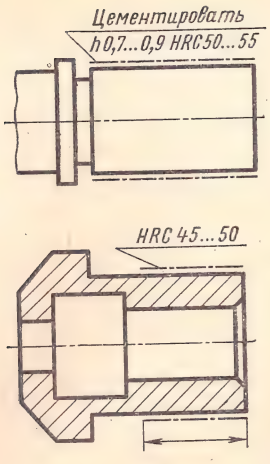


Рис. 368

показатели свойств детали, которые должны быть получены в результате обработки.

Глубину обработки обозначают буквой *h*. Запись *HRC* 45...50 указывает твердость поверхности детали после термической обработки по шкале Роквелла (рис. 368).

Размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа.

§ 3. МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

В современном машиностроении применяются различные металлы и сплавы, а также неметаллические материалы — пластмассы. Свойства материалов изучаются в курсе «Материаловедение».

Обозначение материала на чертежах деталей помещается в основной надписи и состоит из названия материала, его марки и номера стандарта или нормали, устанавливающих эту марку, например: Сталь Ст5 ГОСТ 380—71; Бронза БрМц5 ГОСТ 18175—72; Чугун СЧ 15-32 ГОСТ 1412—70; Сталь 40 ГОСТ 1050—60.

Допускается исключать из обозначения слова «сталь», «чугун» и «бронза» в случаях, когда в обозначении содержится сокращенное наименование материала, например, Ст5 ГОСТ 380—60; Бр. АЖ 9-4Л ГОСТ 493—54; СЧ 15-32 ГОСТ 1412—70.

Чугун — сплав железа с углеродом и другими элементами. В машиностроении наиболее широко применяются три вида чугуна: серый (ГОСТ 1412—70); ковкий (ГОСТ 1215—59) и антифрикционный (ГОСТ 1585—70). Наиболее часто применяется серый чугун.

Поверхность необработанных чугунных отливок неровная, шероховатая; переходы от одной поверхности к другой плавные, с закруглением углов; имеются литейные уклоны (от 4 до 8%).

Пример обозначения материала детали, изготовленной из серого чугуна: *СЧ 12-28 ГОСТ 1412—70*.В марке чугуна первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении в кгс/мм², а второе — предел прочности при изгибе в кгс/мм².

Чем больше величины пределов прочности, тем более прочна и тверда чугунная отливка.

Серый чугун применяется для литья различных деталей: чугун марки СЧ 12-28 — для малоответственных деталей с толщиной стенок до 15 мм, чугун СЧ 18-36 — для ответственных деталей с толщиной стенок 8—25 мм, чугун СЧ 21-40 — для деталей, работающих с большими нагрузками, с толщиной стенок 10—30 мм, чугун СЧ 32-52 — для деталей, работающих с высокими нагрузками, с толщиной стенок 20—100 мм.

Сталь по химическому составу подразделяется на углеродистую и легированную, а по назначению — на конструкционную и инструментальную.

Углеродистая сталь бывает двух видов: сталь углеродистая обыкновенного качества и сталь углеродистая качественная. В машиностроении широко применяются семь марок углеродистой стали обыкновенного качества по ГОСТу 380—71: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5 и Ст6. Чем больше номер марки, тем выше механические свойства (например, прочность) стали.

Пример обозначения материала детали, изготовленной из углеродистой стали обыкновенного качества: *Ст3 ГОСТ 380—71*.

Сталь марок Ст0, Ст1, Ст2 и Ст3 применяют для изготовления деталей, работающих с малыми нагрузками, и сварных холодноштампованных деталей (корыта, кожухи, крышки, прокладки, шайбы и т. п.). Сталь марок Ст4, Ст5 и Ст6 применяют для изготовления тяг, кронштейнов, фланцев, крышек, планок.

Для более ответственных деталей применяется углеродистая качественная конструкционная сталь по ГОСТу 1050—60.

Пример обозначения материала детали, изготовленной из этой стали: *Сталь 15 ГОСТ 1050—60*.

Число 15 показывает среднее содержание в стали углерода в сотых долях процента. Буква Г, стоящая после числа 15 (например, в марке Сталь 15Г), означает, что в стали повышен процент содержания марганца.

Сталь марок 10, 15, 20, 25 применяют для изготовления крепежных изделий, втулок, муфт и др.; сталь марок 15Г, 20Г и др. с повышенным содержанием марганца — для изготовления зубчатых колес, валов и т. п.; сталь марок 35, 40, 45 — для изготовления деталей, несущих зна-

чительные нагрузки, например, коленчатых валов, осей, штоков. Сталь 65Г применяется для изготовления пружин, пружинных колец и других деталей, требующих повышенной упругости.

Легированная сталь представляет собой сплав железа с углеродом и другими элементами.

Применяется легированная сталь в основном для изготовления деталей машин, к которым предъявляются повышенные требования в отношении прочности, износостойкости, жаростойкости и других свойств.

Наиболее часто применяются следующие марки легированной стали (ГОСТ 4543—71): хромистая 20Х, 40Х; хромомарганцевая 18ХГ, 18ХГТ; хромованадиевая 15ХФ, 40ХФА; хромоникелевая 20ХН, 40ХН и др.

В обозначении марок первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента; буквы за цифрами означают: Х — хром, Г — марганец, Т — титан, Н — никель, Ф — ванадий, В — вольфрам, Ю — алюминий, С — кремний.

Пример обозначения марки легированной стали: *Сталь 20Х ГОСТ 4543—71.*

Сталь инструментальная углеродистая (ГОСТ 1435—54) применяется в основном для изготовления инструментов. Марки инструментальной углеродистой стали: У7, У8, У8Г, У10 и др., где буква У — сокращенное обозначение «углеродистая»; цифры, стоящие после буквы «У», показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента; буква «Г» указывает на повышенный процент содержания марганца. Марки стали с буквой «А» обозначают высококачественные стали.

Пример обозначения марки инструментальной углеродистой стали: *Сталь У8Г ГОСТ 1435—54.*

Бронза оловянная — сплав меди с оловом, темно-желтого цвета, дорогой и дефицитный материал. В современном машиностроении оловянные бронзы часто заменяют безоловянными, в состав которых вместо олова введены никель, алюминий или железо. Бронзы применяют для изготовления деталей, работающих в условиях трения, например, втулок, вкладышей и т. п.

Пример обозначения марки оловянной бронзы: *Бр.ОЦС 5-5-5 ГОСТ 613—65.* В состав этой бронзы входят 5% олова, 5% цинка и 5% свинца, остальное — медь.

Безоловянная бронза Бр.АЖ 9-4Л (ГОСТ 493—54) содержит, кроме меди, 9% алюминия и 4% железа; буква «Л» означает, что бронза предназначена для отливки из нее деталей.

Латунь — сплав меди с цинком и другими металлами, светло-желтого цвета. Латунь применяют для изготовления трубок, лент, проволоки.

Пример обозначения латуни: *ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 1019—47.* Эта латунь содержит 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное — цинк.

Баббит — антифрикционный сплав меди, олова (или свинца) и сурьмы.

Наиболее распространенные марки баббитов: Б83 (оловянный баббит), Б16, Б6 (свинцовые баббиты).

Цифры означают процентное содержание олова.

Пример обозначения баббита: *Баббит Б16 ГОСТ 1320—55.*

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в машиностроении, особенно в самолетостроении, так как обладают малым удельным весом. Благодаря антикоррозионным свойствам они часто используются в химическом машиностроении.

Алюминиевые литейные сплавы марок АЛ8, АЛ22, АЛ2, АЛ4, АЛ7, АЛ6, АЛ10В, АЛ16В и др. по ГОСТу 2685—63 применяют для отливки тонкостенных деталей сложных форм (например, корпусов).

Алюминиевые деформируемые сплавы марок АД1, Д6, Д16 по ГОСТу 4784—65 предназначены для изготовления штампованных и точеных деталей.

Если алюминиевый сплав предназначен для литья, в его марке после начальной буквы «А» ставится буква «Л».

В марке сплавов, предназначенных для проката, поковки и штамповки, имеется буква «К».

Алюминиевый сплав, в состав которого входит кремний, обладает хорошими литейными качествами, что позволяет изготовлять из него детали сложной формы. Этот сплав называется силумином.

Пример обозначения силумина: *АЛ2 ГОСТ 2685—63*, где цифра 2 — номер силумина.

Алюминиевый сплав, в состав которого входят магний и медь, называется дуралюмином. Дуралюмин очень прочен, легок, хорошо штампуется.

Пример обозначения дуралюмина: *Д16 ГОСТ 4784—65.*

Пластмассы. В настоящее время пластмассы используют в качестве заменителей стали, цветных металлов и их сплавов. Из пластмасс изготовляют самые разнообразные детали.

Пластмассы, применяемые в машиностроении, подразделяют на три группы: пластмассы низкой прочности, пластмассы средней прочности и высокопрочные пластмассы.

К пластмассам низкой прочности относятся фенопласты, аминопласты, которые применяются для изготовления малонагруженных деталей (ручек, маховичков и т. п.).

К пластмассам средней прочности относятся текстолит, фторопласт, полиэтилен, полистирол.

Из текстолита изготовляют антифрикционные детали, малонагруженные шестерни; из фторопласта — манжеты, вкладыши подшипников, из полиэтилена — трубки, крышки, заглушки и т. п.

К высокопрочным пластмассам относятся стеклопластики и различные смолы, из которых изготовляют ответственные детали, например, седла клапанов, толкатели, ролики.

Ниже приведены в качестве примеров некоторые марки пластмасс.

Наименование	Марка
Фенопласт (ГОСТ 5689—66) . .	К-15-2; К-18-2; К-21-22
Текстолит (ГОСТ 5—72)	ПТК; ПТ
Фторопласт (ГОСТ 10007—62) .	Фторопласт-4
Полиэтилен (ГОСТ 16337—70)	10003-002; 10403-003
Винипласт (ГОСТ 9639—71) . .	ВН; ВП; ВНТ

Пример обозначения материала детали, изготовленной из пластмассы: *Фторопласт-4 ГОСТ 10007—62.*

§ 4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Для приближенного определения линейных размеров применяются металлическая линейка, кронциркуль и нутромер.

Металлической линейкой измеряют линейные размеры деталей с точностью до 1 мм.

Кронциркулем измеряют размеры наружных, а **нутромером** — внутренних поверхностей деталей.

При измерениях кронциркуль и нутромер надо держать в плоскости, перпендикулярной к измеряемой длине, и ни в коем случае не выполнять измерения с усилием. Инструмент должен проходить измеряемые места свободно под действием собственного веса.

После измерения концы ножек нутромера или кронциркуля, не изменяя их положения, прикладывают к металлической линейке и определяют числовое значение размера в мм.

На рис. 369 показаны приемы измерения диаметра цилиндрической части детали кронциркулем, диаметра отверстия в основании детали нутромером и длины основания металлической линейкой.

Эти же инструменты можно использовать для определения расстояния между осями отверстий, как показано на рис. 370. Если отверстия одинакового диаметра, то линейкой измеряют расстояние *mn*, которое равно межосевому расстоянию (рис. 370, *а*).

Если требуется определить расетояние между осями двух отверстий разного

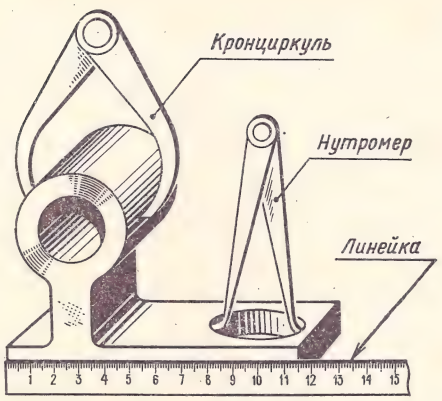


Рис. 369

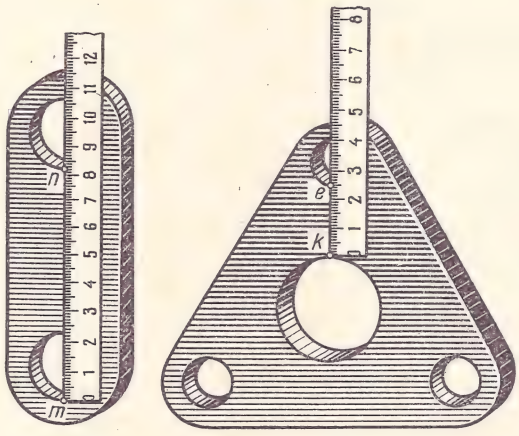


Рис. 370

диаметра, то линейкой измеряют расстояние *ek*, а нутромером — диаметры отверстий. Межосевое расстояние в этом случае равно сумме размера *ek* и радиусов отверстий (рис. 370, *б*).

Линейкой и кронциркулем можно измерить толщину дна и стенки детали (рис. 371). Тол-

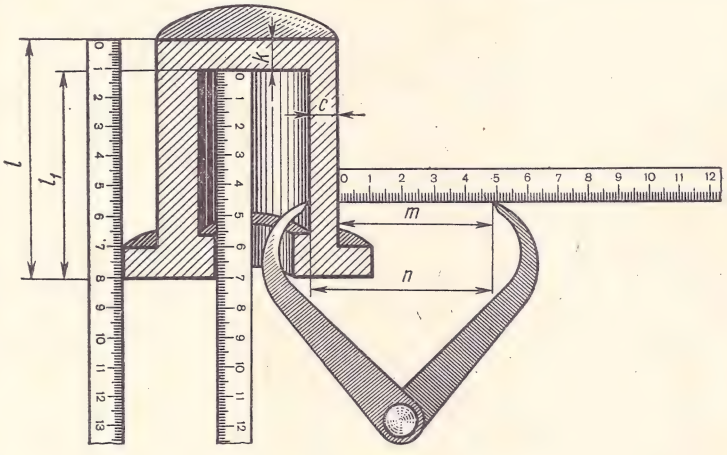


Рис. 371

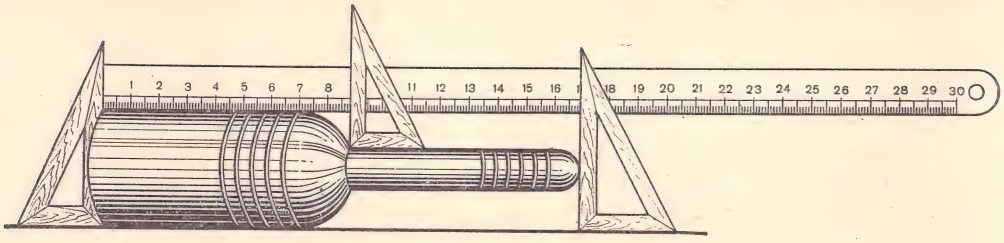


Рис. 372

щина дна k равна разности длин l и l_1, измеренных линейкой. Толщину стенки c находят как разность размеров n и m.

Длину детали, имеющей ступенчатую форму (рис. 372), измеряют линейкой и угольниками. Деталь кладут на горизонтальную металлическую плиту. Размеры определяют по металлической линейке.

Описанные приемы измерений кронциркулем, нутромером и линейкой не дают высокой точности и применяются главным образом в учебном процессе. В производственной практике линейные размеры с точностью от 0,1 до 0,02 мм измеряют штангенциркулем (рис. 373, *а*).

Штангенциркуль состоит из стальной линейки (штанги) *1* с нанесенными на ней миллиметровыми делениями. Штанга заканчивается измерительными губками *2* и *9*, расположенными к ней под прямым углом. На штангу надета рамка *7* со вторыми измерительными губками *3* и *8*. Рамка передвигается по штанге и может закрепляться на ней в любом месте винтом *4*. На нижней скошенной части рамки имеется шкала *6* с делениями, называемая нониусом. При соприкасающихся губках штангенциркуля нулевые деления штанги *1* и шкалы нониуса *6* совпадают.

Измеряемую деталь слегка зажимают между губками, рамку с нониусом закрепляют на шкале винтом *4* и по шкале штанги и нониуса производят отсчет.

На шкале нониуса расстояние между делениями равно 0,9 мм. Таким образом, десять делений шкалы нониуса равны девяти делениям штанги.

В пазу штанги универсального штангенциркуля свободно скользит узкая линейка *5* глубиномера. Один конец этой линейки жестко соединен с рамкой. При сомкнутом положении губок торец глубиномера совпадает с торцом штанги. При измерении глубины отверстия штанга торцом упирается в торец детали. При передвижении рамки торец глубиномера перемещается до контакта с дном отверстия в детали. Глубиномер позволяет также измерить высоту уступа детали.

При измерении диаметра цилиндрической детали, например вала или оси, эта деталь охватывается губками *9* и *8* штангенциркуля. Если, например, нулевое деление нониуса точно совпадает с восемнадцатым делением штанги, диаметр равен 18,0 мм (рис. 373, *б*). Если действительный диаметр детали равен 18,1 мм, то нулевое деление шкалы нониуса будет сдвинуто вправо на 0,1 мм и, следовательно, первое деление шкалы нониуса совпадет с девятнадцатым делением штанги (рис. 373, *в*). При величине диаметра детали 18,4 мм четвертое деление нониуса

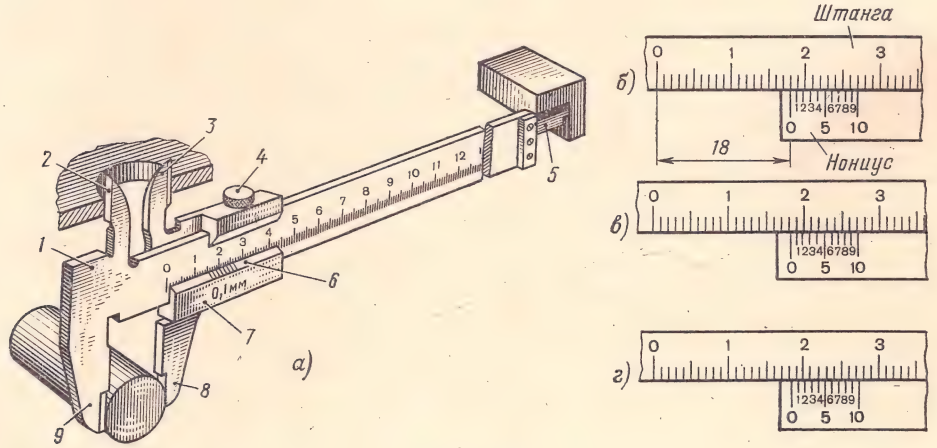


Рис. 373

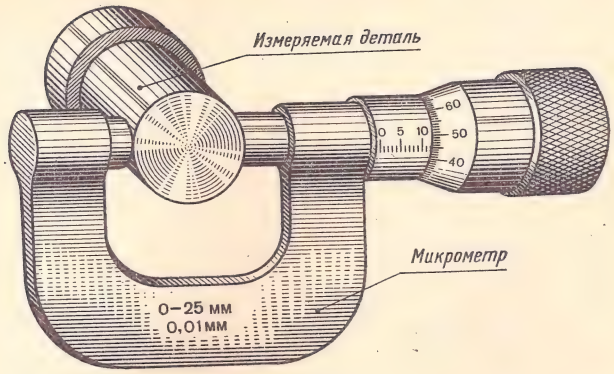


Рис. 374

совпадает с двадцать вторым делением штанги (рис. 373, *г*).

Таким образом, чтобы измерить размер штангенциркулем, необходимо определить по линейке штанги целое число миллиметров, а по шкале нониуса — число десятых долей миллиметра. Число десятых долей миллиметра равно номеру деления нониуса, которое совпадает с каким-либо делением штанги.

Более точное измерение с точностью до 0,01 мм выполняют **микрометром** (рис. 374).

Многие детали машин имеют криволинейные очертания. Форму и размеры таких деталей определяют измерением координат точек криволинейного контура при помощи **рейсмаса** (рис. 375) и более точно — **штангенрейсмаса** (рис. 376).

При измерении координат точек инструмент и измеряемая деталь устанавливаются на металлической горизонтальной (разметочной) плите.

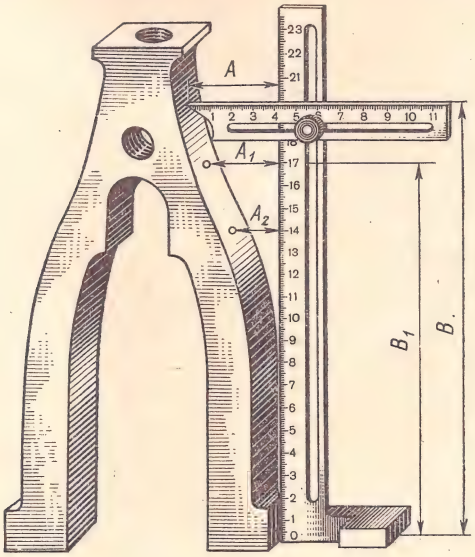


Рис. 375

Перемещая стержень рейсмаса, приводят его острый конец в соприкосновение с точкой, координаты которой хотят измерить. Приняв за начало координат нижнее нулевое деление вертикальной линейки рейсмаса (рис. 375), по шкалам на линейке находят координаты z (размеры B, B_1 и т. д.), а на стержне-линейке — координаты x (размеры A, A_1, и т. д.)

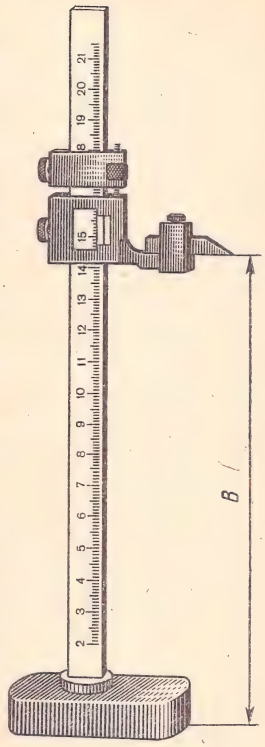


Рис. 376

В неответственных случаях размеры криволинейного очертания детали находят более просто. При острых кромках и плоском расположении контура его форму и размеры определяют снятием отпечатка на бумаге (рис. 377, *а*). Бумагу накладывают на криволинейную часть детали, прижимают ее к кромкам и затем на отпечатке определяют размеры, необходимые для вычерчивания контура (рис. 377, *б*); например, определяют величины радиусов R, координаты точек *I, II, III* и т. д.

Углы деталей измеряют **угломером** (рис. 378).

Нониус *3* угломера позволяет измерять углы с точностью до 2′. Угломер состоит из полудиска *2* с неподвижной линейкой *1*. На полудиске нанесена шкала с делениями в 1°. Относительно полудиска может поворачиваться подвижная угловая линейка *5* с нониусом *3*. Линейка *5* закрепляется в нужном положении винтом *4*. При измерении угла детали угол между линейками *1* и *5* равен искомому. Результат измерения находят по шкалам полудиска и нониуса.

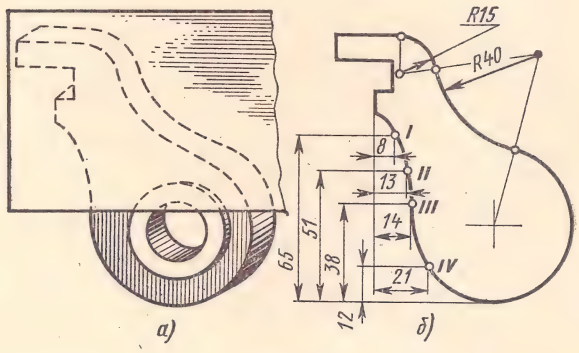


Рис. 377

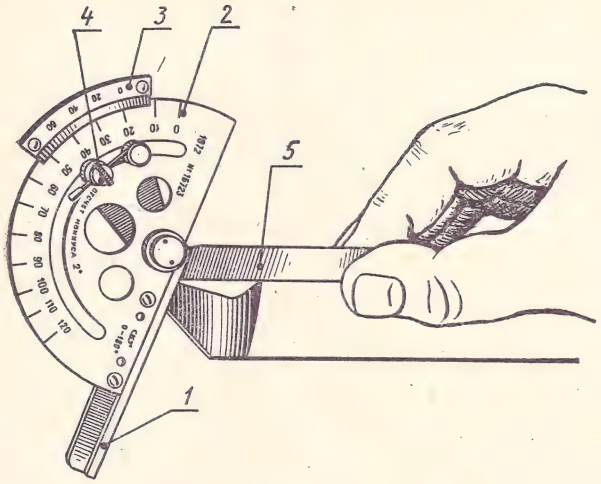


Рис. 378

Радиусы закруглений и галтелей измеряют **набором радиусных шаблонов** (рис. 379, *а*).

При измерении шаблоны прикладывают к детали и просматривают место контакта на просвет. При отсутствии зазора (просвета) величина радиуса закругления равна указанному на шаблоне (рис. 379, *б*).

Для приближенного определения угла профиля и шага резьбы применяют **набор резьбовых шаблонов** с вырезами, соответствующими профилю резьбы.

Набор шаблонов с надписью на обойме М60° предназначен для определения шага метрической резьбы (рис. 380, *а*); набор с надписью Д55° предназначен для определения числа ниток на длине одного дюйма дюймовых и трубных резьб.

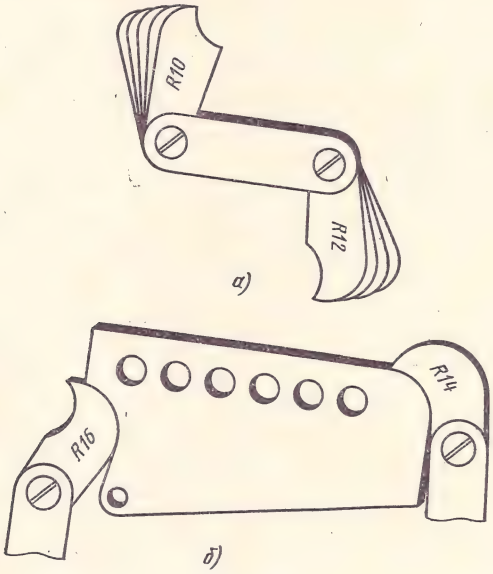


Рис. 379

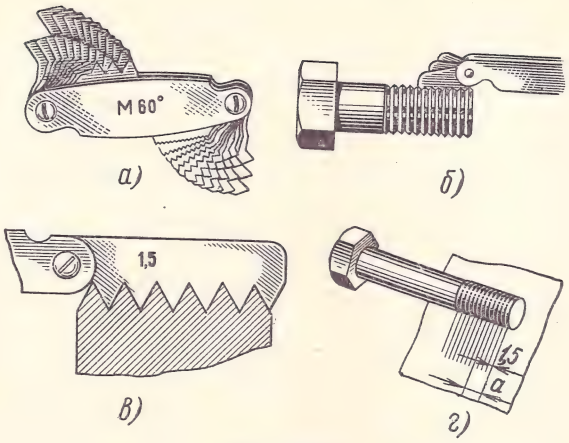


Рис. 380

При определении шага резьбы выбирают шаблон, который плотно входит зубьями во впадины резьбы (рис. 380, *б*). Тогда указанное на шаблоне число 1,5 (рис. 380, *в*) соответствует величине шага резьбы в мм. Наружный диаметр резьбы на стержне измеряют штангенциркулем.

Предположим, что в данном случае $d = 20$ мм. Сравниваем результаты измерения шага и диаметра с данными ГОСТа 8724—58 (см. табл. 6). При номинальном диаметре резьбы 20 мм шаг 1,5 мм является мелким, поэтому в данном примере резьбу обозначают $M20 \times 1{,}5$.

При отсутствии резьбового шаблона шаг резьбы можно измерить при помощи отпечатка на полоске бумаги (рис. 380, *г*). Измеренное линейкой расстояние *а*, равное, например, 6 мм, делят на четыре шага, которые вошли в данный участок *а*. Полученное число 1,5 является искомым размером шага.

§ 5. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

В современном крупносерийном производстве сборка изделий производится без дополнительной обработки деталей. Для того чтобы такая сборка стала возможной, детали должны быть взаимозаменяемыми.

Взаимозаменяемыми называются одинаковые детали, которые могут быть изготовлены в разное время и должны заменять друг друга в изделии.

Для того чтобы детали были взаимозаменяемыми, их необходимо изготовить точно по размерам. Однако указанные на чертеже размеры абсолютно точно получить невозможно. Это происходит от различных причин: износа частей механизмов металлообрабатывающих станков, износа режущих кромок инструментов, деформаций детали от действия сил, возникающих при ее обработке, изменения скорости резания и подачи,

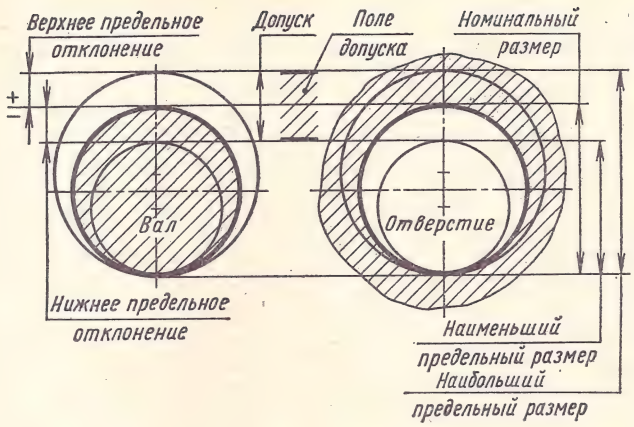


Рис. 381

изменения температуры воздуха, неоднородности материала детали, неправильного пользования измерительными инструментами и т. д.

Следовательно, размеры готовой детали (действительные) будут отличаться от размеров, заданных на чертеже (номинальных).

Для того чтобы, несмотря на разницу между действительными и номинальными размерами, осуществилась взаимозаменяемость, для деталей заранее назначают наибольший и наименьший предельные размеры.

Номинальным размером (рис. 381) называется основной размер, определенный конструктором в зависимости от назначения детали. Номинальный размер служит началом отсчета отклонений.

Общий для отверстия и вала, составляющих соединение, номинальный размер называется номинальным размером соединения. Так, например, номинальный размер соединения вала с втулкой ⌀ 50 является общим для вала и отверстия втулки (рис. 382).

При конструировании и расчете деталей конструктор округляет номинальные размеры (как правило, в бóльшую сторону), подбирая ближайшие к ним размеры по ГОСТу 6636—69 «Нормальные линейные размеры».

Действительным размером называется размер, полученный в результате измерения готовой детали.

Предельными размерами называются два предельных значения размера, между которыми должен находиться действительный размер. Большее из них называется наибольшим предельным размером, меньшее — наименьшим предельным размером.

Верхним предельным отклонением называется алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным.

Нижним предельным отклонением называется алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным.

Верхнее и нижнее предельные отклонения могут быть положительными (со знаком +), отрицательными (со знаком —) или равными нулю.

Полем допуска называется интервал значений размеров, находящихся между предельными размерами (см. рис. 381).

Допуском размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Величины предельных отклонений измеряются в микрометрах (1 мкм = 0,001 мм).

Рассмотрим несколько случаев подсчета предельных размеров (рис. 383). Знаки предельных отклонений указывают, какое действие нужно произвести для подсчета предельных размеров.

Например, для того, чтобы определить наибольший предельный размер левой ступени вала, к номинальному размеру ⌀ 30 нужно прибавить величину верхнего предельного отклонения, т. е. 30 + 0,06 = 30,06 мм.

Наименьший предельный размер ступени вала равен 30 — 0,02 = 29,98 мм. Действительный размер должен быть расположен между значениями 29,98 и 30,06 мм.

Отклонения средней ступени вала имеют один и тот же знак (рис. 383). В этом случае оба предельных размера будут меньше номинального. Наибольший предельный размер равен 36 — 0,02 = 35,98 мм, наименьший 36 — 0,04 = = 35,96 мм.

Диаметр торцового отверстия (рис. 383) указан только с верхним предельным отклонением. В таких случаях считают, что нижнее предельное отклонение равно нулю и на чертежах его не проставляют. Наибольший предельный размер

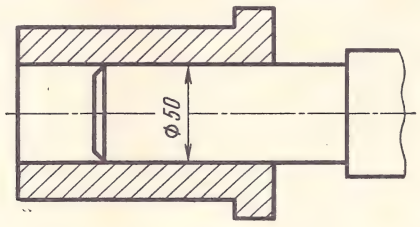


Рис. 382

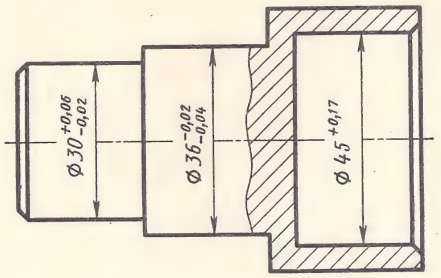


Рис. 383

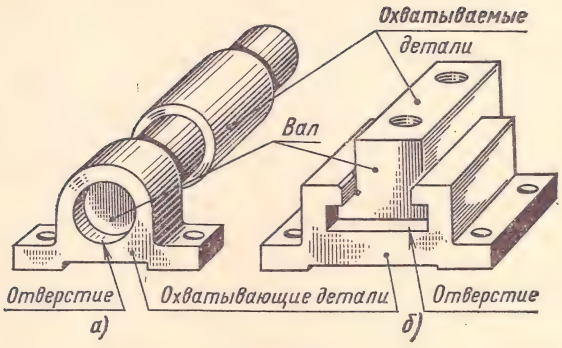


Рис. 384

отверстия равен 45 + 0,17 = 45,17 мм, наименьший — 45,00 мм.

Почти в каждой машине имеются сопрягающиеся детали, разъединить которые в одних случаях можно без усилий, а в других случаях — с трудом. Все сопряжения можно представить как охватывание одной детали другой или как бы «посадкой» одной на другую.

Различают внешнюю (охватываемую) и внутреннюю (охватывающую) поверхности соединяемых деталей (рис. 384).

Охватывающая поверхность условно называется отверстием, а охватываемая — валом. Эти поверхности могут быть поверхностями вращения (рис. 384, *а*), плоскостями (рис. 384, *б*) и др.

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

Посадка характеризует бо́льшую или меньшую свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Если размер отверстия больше размера вала, то в соединении получается **зазор** (рис. 385, *а* и *б*); если до сборки размер вала больше размера отверстия, то в соединении получается **натяг** (рис. 385, *в* и *г*).

Величины зазоров и натягов, а следовательно, и характер посадки определяются величинами предельных отклонений размеров деталей.

Посадки по ГОСТу 7713—62 подразделяются на три группы:

а) посадки с натягом;
б) переходные посадки;
в) посадки с зазором.

Посадки с натягом обеспечивают взаимную неподвижность соединяемых деталей и осуществляются под прессом или разогреванием детали с отверстием. Посадки с натягом подразделяются на три вида: горячая *Гр*, прессовая *Пр* и легкопрессовая *Пл*.

Переходные посадки обеспечивают взаимную неподвижность деталей только при условии дополнительного применения шпонок, штифтов, винтов. Переходные посадки подразделяются на четыре вида: глухая *Г*, тугая *Т*, напряженная *Н* и плотная *П*.

Посадки с зазором обеспечивают подвижное соединение деталей. Посадки с зазором подразделяются на шесть видов: скользящая *С*, движения *Д*, ходовая *Х*, легкоходовая *Л*, широкоходовая *Ш* и тепловая ходовая *ТХ*.

Для подшипников качения, шпоночных и резьбовых соединений, для деревянных деталей и деталей из пластмасс установлены специальные посадки.

Посадки подшипников качения обозначаются буквами с индексом «п» (подшипниковая), например $Г_п$, $Н_п$, $С_п$, $Х_п$.

Посадки шпоночных соединений обозначаются *ПШ*, $ПШ_1$; деревянных деталей — *дПр*, *дТ*, *дС*, *дХ* и т. д.

В СССР имеются ГОСТы на допуски и посадки, устанавливающие величины допусков.

Для деталей с размерами от 1 до 500 мм установлено 10 классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8 и 9.

1-й класс точности определяет наибольшую точность изготовления детали и наименьшие допуски ее размеров.

Наибольшее применение в машиностроении имеют классы точности 2, 2а и 3.

Неответственные сопряжения поверхностей выполняются по классам точности 3а, 4 или 5. Классы 7, 8 и 9, не имеющие посадок, применяются для несопрягаемых поверхностей деталей.

На чертежах посадки обозначаются буквой и

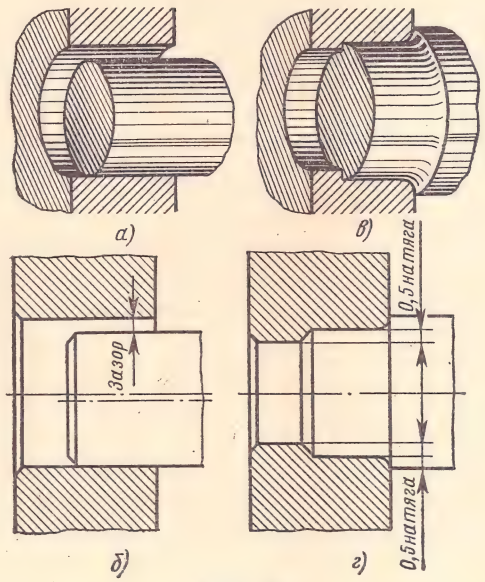


Рис. 385

цифрой, которая означает класс точности, например ϕ $20Г_1$, ϕ $40Х_3$. Класс точности 2, как наиболее распространенный, не указывают, например ϕ 50С.

ГОСТом 7713—62 предусмотрены две системы допусков и посадок: **система отверстия** и **система вала.**

В системе отверстия для всех посадок одного класса точности при одинаковых номинальных размерах предельные размеры отверстия остаются постоянными. Различные посадки осуществляются изменением предельных размеров вала. Система отверстия обозначается буквой *А* (рис. 386, *а*) с индексом класса точности.

В системе вала различные посадки достигаются изменением размеров отверстий при постоянных размерах вала. Система вала обозначается буквой *В* с индексом класса точности (рис. 386, *б*).

В обозначениях буква *А* указывается в числителе, а буква *В* — в знаменателе (рис. 386).

Из практики известно, что обработать любую наружную поверхность детали значительно легче, чем внутреннюю, поэтому система отверстия в машиностроении нашла наибольшее применение.

На рис. 387 даны примеры посадок в системах *А* и *В*. Отверстие ϕ 80 корпуса для посадки наружного кольца подшипника выполнено по системе вала, а ступень вала ϕ 40 для посадки внутреннего кольца подшипника — по системе отверстия.

Предельные отклонения линейных размеров по ГОСТу 2.307—68 указывают на чертежах непосредственно после номинальных размеров условными буквенно-цифровыми обозначениями или числовыми величинами в мм. Верхнее отклонение наносят над нижним. Отклонение, равное нулю, не указывают.

Если абсолютные значения предельных отклонений размера равны, то величину отклонений указывают один раз со знаками $\pm$, например, $60 \pm 0{,}2$.

Предельные отклонения размеров относительно низкой точности, многократно повторяющихся на чертеже, на изображении не наносят, а в тех-

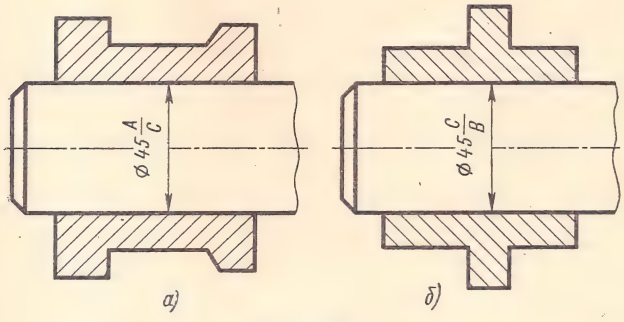


Рис. 386

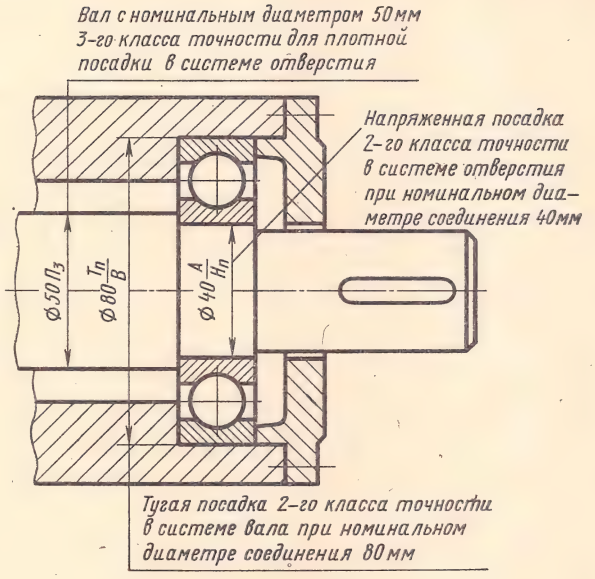


Рис. 387

нических требованиях делают запись, например: *Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих — по A_7, охватываемых — по B_7, прочих $\pm^1/_2$ допуска 8 кл.*

Все сведения о допусках, посадках и их обозначениях на чертежах приведены здесь для чтения производственных чертежей. На учебных чертежах допуски, посадки и отклонения размеров обычно не наносят.

§ 6. ПОНЯТИЕ О РАЗМЕРНЫХ БАЗАХ

Размеры на чертежах наносят с учетом технологии изготовления детали и удобства контроля размеров.

Размеры наносят от определенных поверхностей, линий или точек детали, которые называются базами.

В машиностроении различают конструктивные и технологические базы.

Конструктивной базой называется сочетание поверхностей, линий или точек, определяющее положение детали в сборочной единице или изделии. Деталь может иметь несколько конструктивных баз. Каждый размер детали должен быть задан от той конструктивной базы, с которой он связан в изделии (рис. 388).

По ГОСТу 2.307—68 размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, указывают, как правило, от конструктивных баз.

Технологической базой называется сочетание поверхностей, линий и точек, по отношению к которым выдерживают размеры при обработке детали. От технологических баз указывают свободные несопрягаемые размеры.

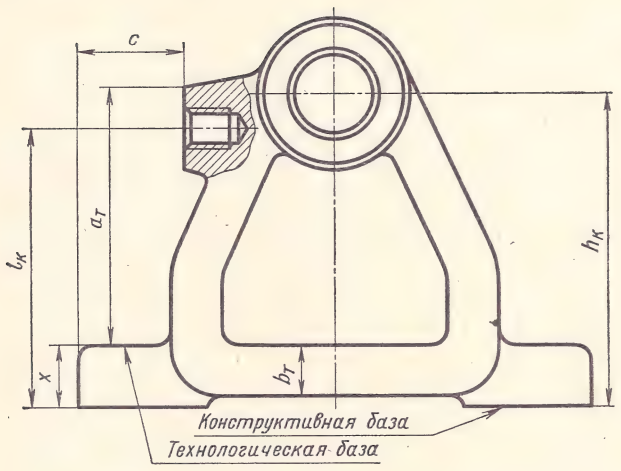


Рис. 388

Свободный размер обработанной поверхности, например, плоскости торца прилива (рис. 388) может быть задан от какой-либо необработанной поверхности (см. размер *c* на рис. 388).

Базовой поверхностью может быть (рис. 388 и 389) плоскость, от которой начинается обработка (привалочная, опорная, направляющая или торцовая плоскость); базовой линией — ось симметрии, ось отверстия (скрытая база) или какие-либо две взаимно перпендикулярные прямые, например кромки деталей (рис. 389); базовой точкой — центр какой-либо плоской вращающейся детали с криволинейным контуром, например кулачка.

На рис. 390 дан пример нанесения размеров от левого торца детали, который одновременно является и конструктивной и технологической базой. Здесь нанесены размеры внутренних цилиндрических поверхностей, последовательность обработки которых следующая.

Вначале сверлят сквозное отверстие наименьшего диаметра D (рис. 390), а затем выполняют несколько расточек: до диаметра D_1 на глубину

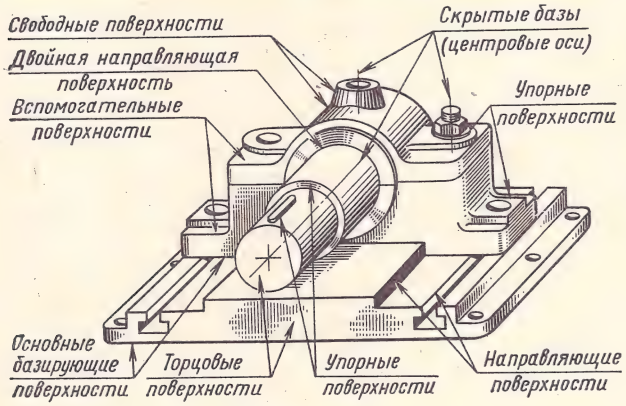


Рис. 389

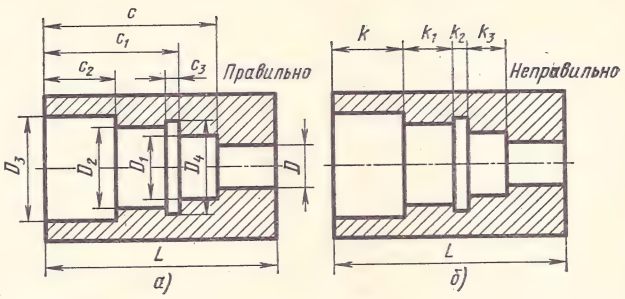


Рис. 390

c, до диаметра D_2 на глубину c_1 и до диаметра D_3 на глубину c_2. Затем выполняют внутреннюю выточку шириной c_3 на расстоянии c_1 от торца; выточка делается обычно расточным резцом с режущей кромкой шириной c_3, параллельной оси детали, поэтому на чертеже указывают размер c_3.

Такое нанесение размеров соответствует последовательности обработки внутренней поверхности детали и контроля ее размеров; при этом не требуется выполнять какие-либо дополнительные подсчеты размеров.

На рис. 390, *б* дан пример неправильного нанесения размеров. При изготовлении детали размеры k_1, k_2, k_3 использовать без подсчета нельзя.

§ 7. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Кроме правил нанесения размеров, изложенных выше (см. ч. I, гл. 2, § 7), которые необходимо повторить перед выполнением эскизов и рабочих чертежей, имеются некоторые особенности и условности простановки размеров.

В процессе обработки изделия рабочий читает размерные числа, нанесенные на чертеже, и обрабатывает изделие. При этом, как правило, не допускаются какие-либо подсчеты размеров и, тем более, измерения масштабной линейкой недостающих размеров по чертежу. Поэтому размеры на чертеже должны быть нанесены конструктором не только с учетом работы детали в изделии, но и с учетом технологического процесса ее изготовления.

Размеры на эскизах и рабочих чертежах деталей могут быть нанесены различным образом. Так, например, на рис. 391 показаны три варианта простановки размеров чеки клинового соединения (рис. 391, *а*).

Во всех трех случаях размеры вполне определяют линейные параметры детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Однако с точки зрения взаимозаменяемости и технологичности (дешевизны и простоты) изготовления деталей эти варианты далеко не равноценны.

Задача конструктора состоит в том, чтобы из трех возможных вариантов выбрать такой, который при наименьшей точности изготовления обеспечивал бы при сборке требуемые функции детали.

На машиностроительных чертежах применяются три способа нанесения размеров — координатный, цепной и комбинированный.

Координатный способ простановки размеров применен на рис. 390, *а*, где размеры являются координатами, определяющими положение элемента детали относительно выбранной базы.

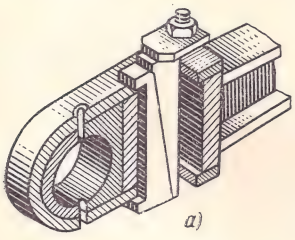
Цепной способ применяется при больших габаритных размерах детали, когда измерение больших длин затруднительно, а также в тех случаях, когда требуется выдержать точные размеры ступеней вала.

В этом случае размеры наносят последовательно, как звенья замкнутой цепи (рис. 392, *а*).

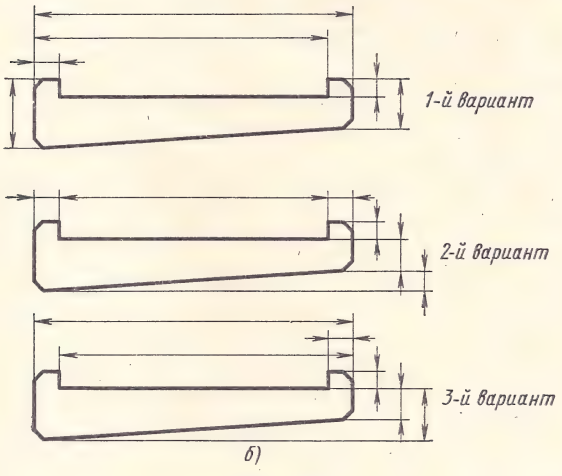
Общий размер длины детали указывается без предельных отклонений. Этот размер является справочным и отмечается знаком * (см. размер 2500 на рис. 392, *а*). В технических требованиях делается запись «*Размеры для справок». Справочным размером может быть один из размеров замкнутой размерной цепи.

Комбинированный способ представляет собой сочетание координатного способа с цепным, т. е. при нанесении размеров на чертеже детали используются оба способа (рис. 392, *б*).

Пример комбинированного способа нанесения размеров показан на рис. 388. Если деталь имеет обработанные на станках поверхности и необработанные, то на чертеже наносят две

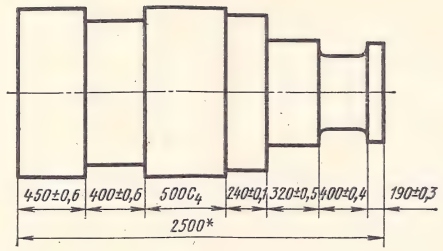


а)

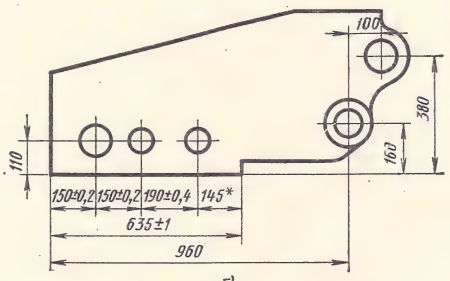


б)

Рис. 391



а)



б)

Рис. 392

группы размеров. По размерам, заданным от технологической базы ($a_т$, $b_т$), отливают заготовку, а по размерам, заданным от конструктивной базы ($l_к$, $h_к$), обрабатывают эту отливку на станках.

Две группы размеров связывает размер x, нанесенный между технологической и конструктивной базами.

Если несколько одинаковых элементов детали (отверстия, пазы, зубья и т. п.) расположены на одной оси или на одной окружности, то размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят от общей базы (рис. 393, *а* и *б*).

При большом количестве размеров, наносимых от общей базы, их можно проставлять, как показано на рис. 393, *в* и *г*. В этом случае проводят одну общую размерную линию от отметки 0, а размерные числа наносят у концов выносных линий.

При изображении детали в одной проекции размер ее толщины указывают, как показано на рис. 393, *а* и *в* (см. обозначения *S* 0,8 и *S*2).

Размеры сквозных и глухих отверстий необходимо наносить на изображении с разрезом, как показано на рис. 394, *а*. Если разрезов на чертеже нет, то размеры отверстий проставляют на других изображениях на полках линий-выносок (рис. 394, *б*).

Размеры фаски (усеченного конуса) наносят на изображениях, как показано на рис. 395, *а* (см. размер 2 × 45°, где 2 мм — высота усеченного конуса и 45° — угол наклона образующей к прямой, параллельной оси конуса).

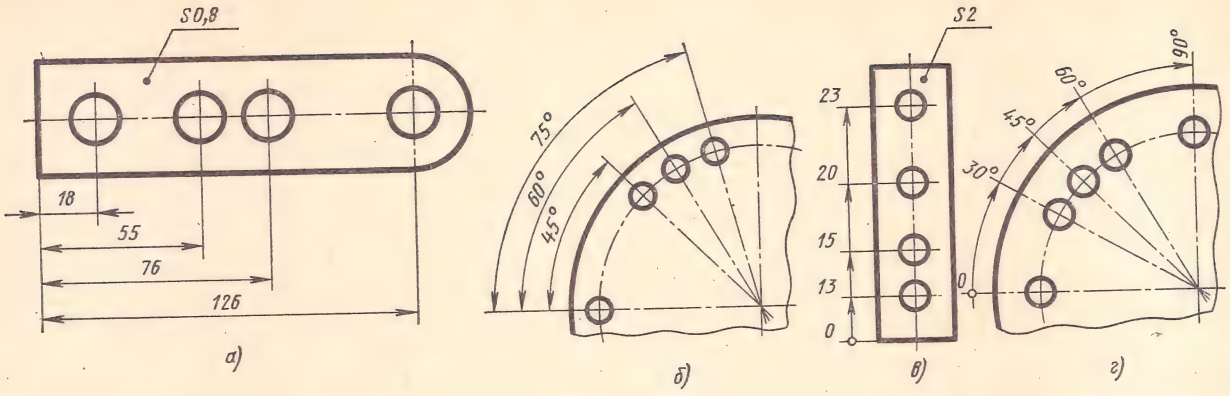


Рис. 393

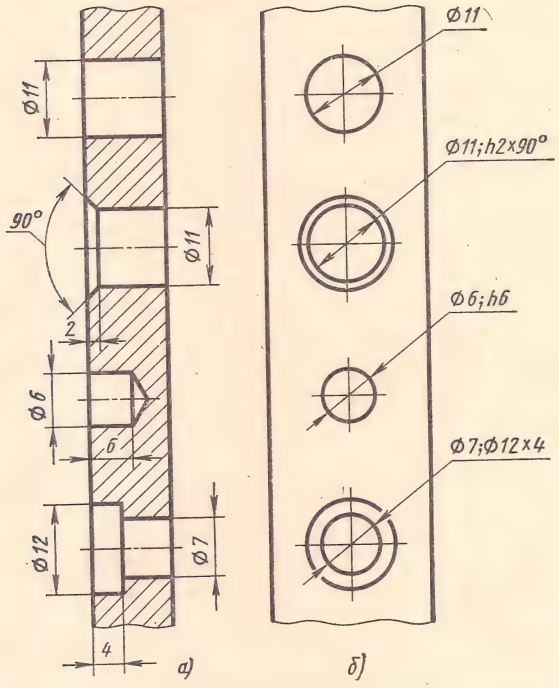


Рис. 394

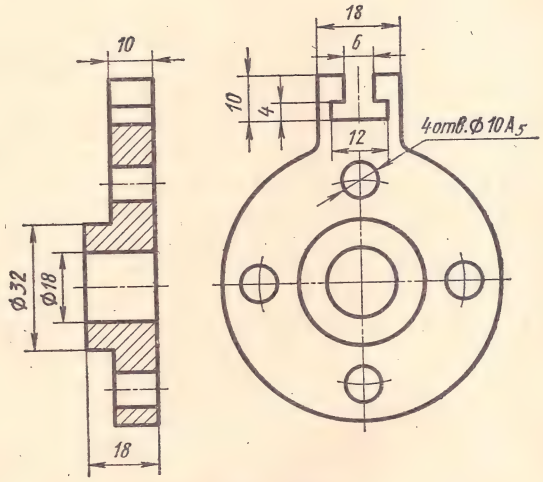


Рис. 396

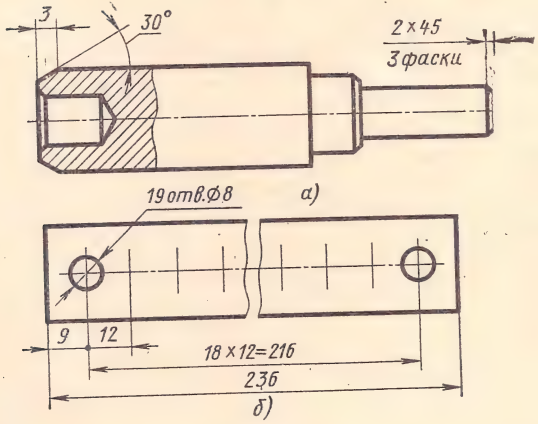


Рис. 395

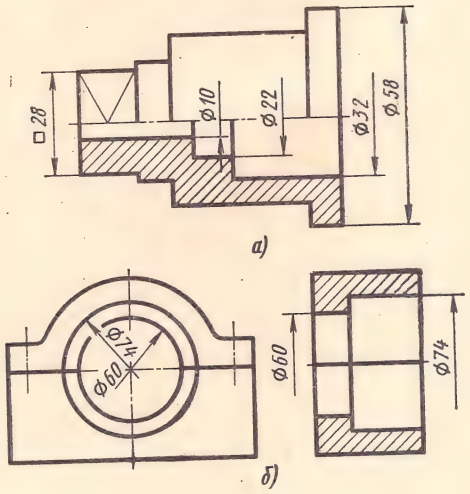


Рис. 397

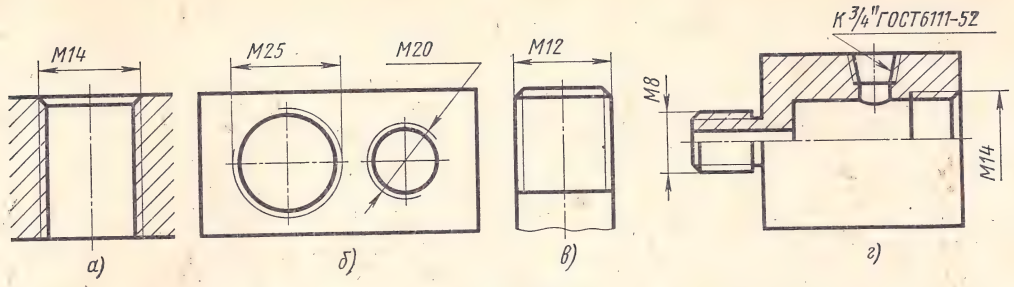


Рис. 398

Если деталь имеет несколько одинаковых фасок, то размер наносят один раз с указанием количества фасок (см. размер 2 × 45° 3 фаски).

Если фаски расположены симметрично, их размеры наносят один раз без указания количества.

Фаски с углом, отличным от угла 45°, указывают двумя размерами — линейным и угловым (см. размеры 3 мм и 30°).

При нанесении размеров, определяющих расстояния между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерной цепи наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рис. 395, *б*).

Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу (например, к пазу, выступу, отверстию), рекомендуется группировать в одном месте, проставляя их там, где форма элемента показана наиболее полно (рис. 396).

При нанесении размеров элементов, расположенных равномерно по окружности (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (см. рис. 396).

При указании диаметра окружности независимо от того, изображена окружность полностью или частично, размерные линии допускается проводить с обрывом, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 397, *а* и *б*).

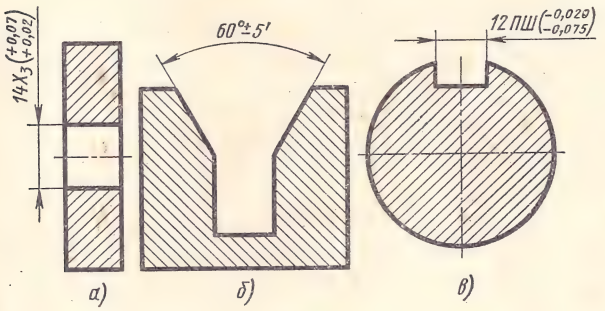


Рис. 399

Размеры квадрата или квадратного отверстия наносят, как показано на рис. 397, *а*. Число 28 обозначает размер стороны квадрата; знак □ ставится перед размерным числом.

Примеры нанесения размеров резьбы в отверстиях и на стержне показаны на рис. 398, *а* — *г*.

Примеры простановки размеров с предельными отклонениями показаны на рис. 399. Если размерное число поместить над размерной линией невозможно, то допускается его проставлять, как показано на рис. 399, *а*.

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числами (рис. 399, *б*).

В особых случаях, например для посадки шпонок, обязательно указывать предельные отклонения размеров как условными обозначениями, так и числовыми значениями (рис. 399, *в*).

На чертежах деталей, кроме основных размеров, проставляют габаритные, установочные и присоединительные размеры.

Габаритные размеры определяют предельные внешние (или внутренние) очертания детали.

Установочные и присоединительные размеры определяют величины элементов, по которым деталь устанавливают или присоединяют к другим деталям изделия.

§ 8. НАДПИСИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Правила нанесения на чертежах надписей и технических требований изложены в ГОСТе 2.316—68.

Технические требования размещают над основной надписью чертежа. В них указывают все необходимые не изображенные графически требования к детали или к готовому изделию.

Технические требования следует излагать по возможности в следующем порядке:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и т. п.;

б) размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;

в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

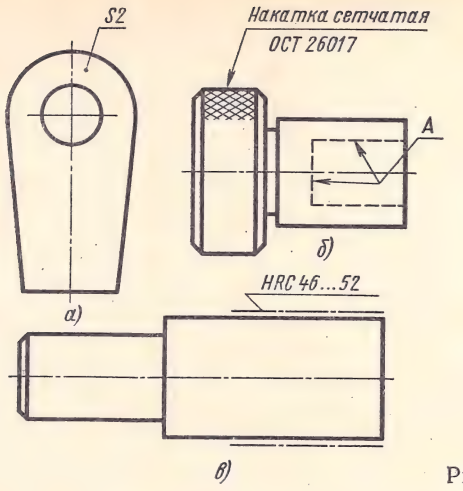


Рис. 400

г) зазоры, расположение отдельных элементов изделия;

д) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

е) другие требования к качеству изделий, например бесшумность, виброустойчивость и т. д.

Краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета, наносят на полках линий-выносок, например указания о количестве элементов (отверстий, канавок и т. п.), указания о лицевой стороне изделия, его толщине.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой (рис. 400, *а*). Линия-выноска и полка выполняются сплошной тонкой линией.

Линию-выноску, отводимую от линий видимого или невидимого контура, изображенного основной или штриховой линией, заканчивают стрелкой (рис. 400, *б*).

Допускается выполнять линии-выноски с одним изломом, а также проводить от одной полки две и более линии-выноски (рис. 400, *б*).

На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки (рис. 400, *в*). Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельными линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не должны пересекать, по возможности, размерных линий и элементов изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Специальные требования к детали также указывают надписями (рис. 401).

Надписи на чертежах должны быть краткими и точными.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей указывают на чертежах согласно ГОСТу 2.308—68 условными обозначениями (рис. 402, *а*) или в технических требованиях текстом (рис. 402, *б*).

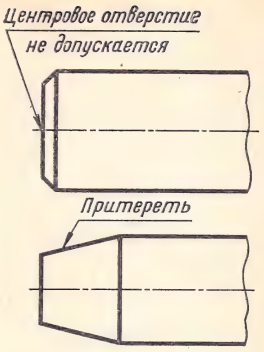


Рис. 401

Для условного обозначения отклонений формы поверхностей применяют знаки, приведенные в табл. 14.

Для условного обозначения отклонений расположения поверхностей применяют знаки, указанные в табл. 15.

При условном обозначении данные о предельных отклонениях формы и расположения поверхностей условно указывают на чертежах в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части (рис. 402 и 403).

Таблица 14

Условные обозначения отклонений формы поверхностей
(по ГОСТу 2.308—68)

Наименование отклонения		Знак
краткое	полное	
Неплоскостность	Отклонение от плоскостности	▱
Непрямолинейность	Отклонение от прямолинейности	—
Нецилиндричность	Отклонение от цилиндричности	⌭
Некруглость	Отклонение от круглости	○
	Отклонение профиля продольного сечения (относится к цилиндрической поверхности)	⫽

Обозначение на чертеже отклонения формы, в данном случае некруглости конуса, показано на рис. 402, *а*, а запись этого отклонения в технических требованиях — на рис. 402, *б*.

Таблица 15

Условные обозначения отклонений расположения поверхностей

(по ГОСТу 2.308—68)

Наименование отклонения		Знак
краткое	полное	
Непараллельность	Отклонение от параллельности	//
Неперпендикулярность	Отклонение от перпендикулярности	⊥
Несоосность	Отклонение от соосности	⌯
—	Торцовое биение	↗
—	Радиальное биение	↗
Непересечение осей	Отклонение от пересечения осей	×
Несимметричность	Отклонение от симметричности	÷
—	Смещение осей от номинального расположения	+

На рис. 403, *а* и *б* показано обозначение и запись величины отклонения от параллельности двух поверхностей, а на рис. 403, *в* и *г* — обозначение и запись величины отклонения от перпендикулярности поверхности относительно торца детали. Если отклонения расположения поверхностей записывают текстом в технических требованиях, то дополнительно указывают буквами базы, относительно которых задается отклонение (рис. 402, *г*).

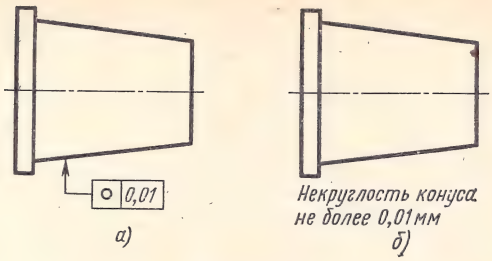


Рис. 402

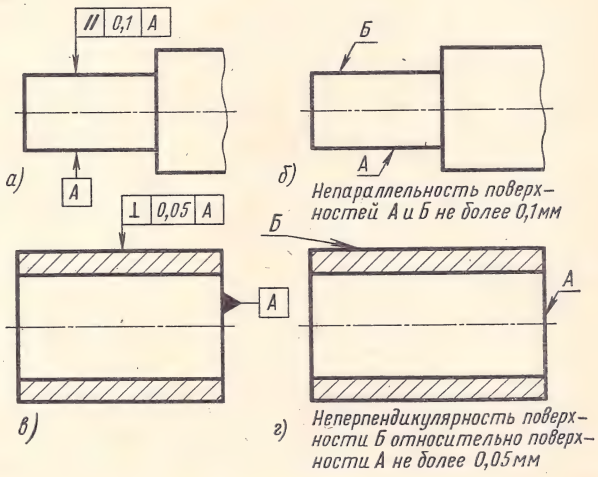


Рис. 403

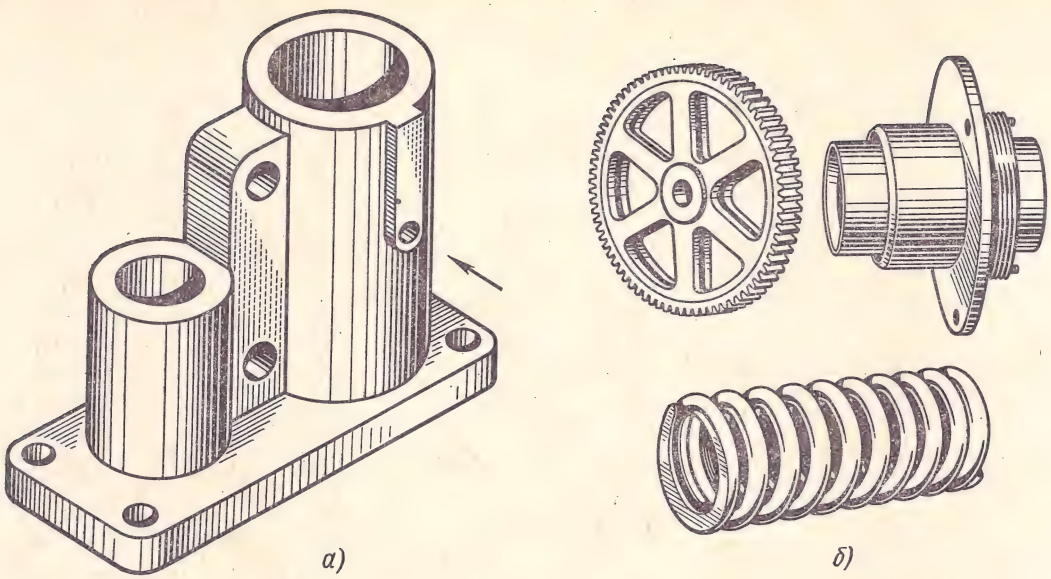
Указание необходимых технических требований на чертежах возможно только после изучения специальных дисциплин. В курсе «Черчение» учащийся лишь кратко знакомится с содержанием этих требований.

§ 9. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗА ДЕТАЛИ

Эскизами называются конструкторские документы, предназначенные для разового использования в производстве (см. ч. IV, гл. 1, § 3). Эскизы выполняют без применения чертежных инструментов («от руки») в глазомерном масштабе.

Эскиз может быть использован для выполнения рабочего чертежа детали, поэтому на эскизе должны быть нанесены все сведения о форме детали, ее размерах, допускаемых отклонениях, материале, качестве поверхности и т. д.

Выполняя эскиз с натуры, надо критически относиться к форме отдельных элементов детали. Так, например, дефекты литья (неравномерность толщин стенок, смещение центров отверстий, неровные края, асимметрия частей детали, из-



а) *б)*

Рис. 404

лишние приливы и т. д.) не должны отражаться в эскизе.

Главное изображение надо выбирать так, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме и размерах детали. На рис. 404, *а* стрелкой показано направление проецирования на фронтальную плоскость проекций, при котором изображение (главный вид или фронтальный разрез) даст наиболее ясное представление о детали.

Детали, имеющие форму тела вращения: валы, оси, винты, червяки, втулки, зубчатые колеса, пружины и т. п. (рис. 404, *б*) располагают на чертеже так, чтобы ось вращения была параллельна основной надписи эскиза или чертежа.

По возможности не следует применять линии невидимого контура. В соответствующих случаях надо выполнять разрезы.

Рассмотрим пример последовательности выполнения эскиза.

Вначале следует ограничить формат эскиза рамкой и внизу справа оставить место для основной надписи и записи технических требований.

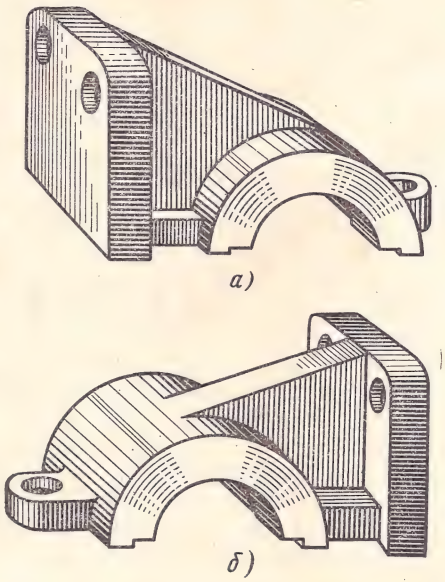
На рис. 405, *а* и *б* даны два наглядных изображения детали (крышки).

Выбирая главное изображение детали, следует отдать предпочтение положению детали на рис. 405, *б*, так как в этом случае на виде слева изображение будет более подробным.

Следующий этап выполнения эскиза детали — назначение количества изображений: видов, разрезов и сечений. В данном случае достаточно иметь три изображения, чтобы представить форму крышки: главный вид, вид сверху и вид слева. Для изображения отверстий на главном виде и виде сверху нужны два местных разреза, а на виде слева — профильный разрез.

Изображения следует располагать так, чтобы была соблюдена проекционная связь и оставлено достаточно места между видами для нанесения размеров, обозначений шероховатости поверхности, надписей и др.

При выполнении изображений сравнивают «на глаз» соотношения габаритных размеров детали и наносят на эскизе габаритные прямоугольники будущих изображений (рис. 406, *а*).



а)

б)

Рис. 405

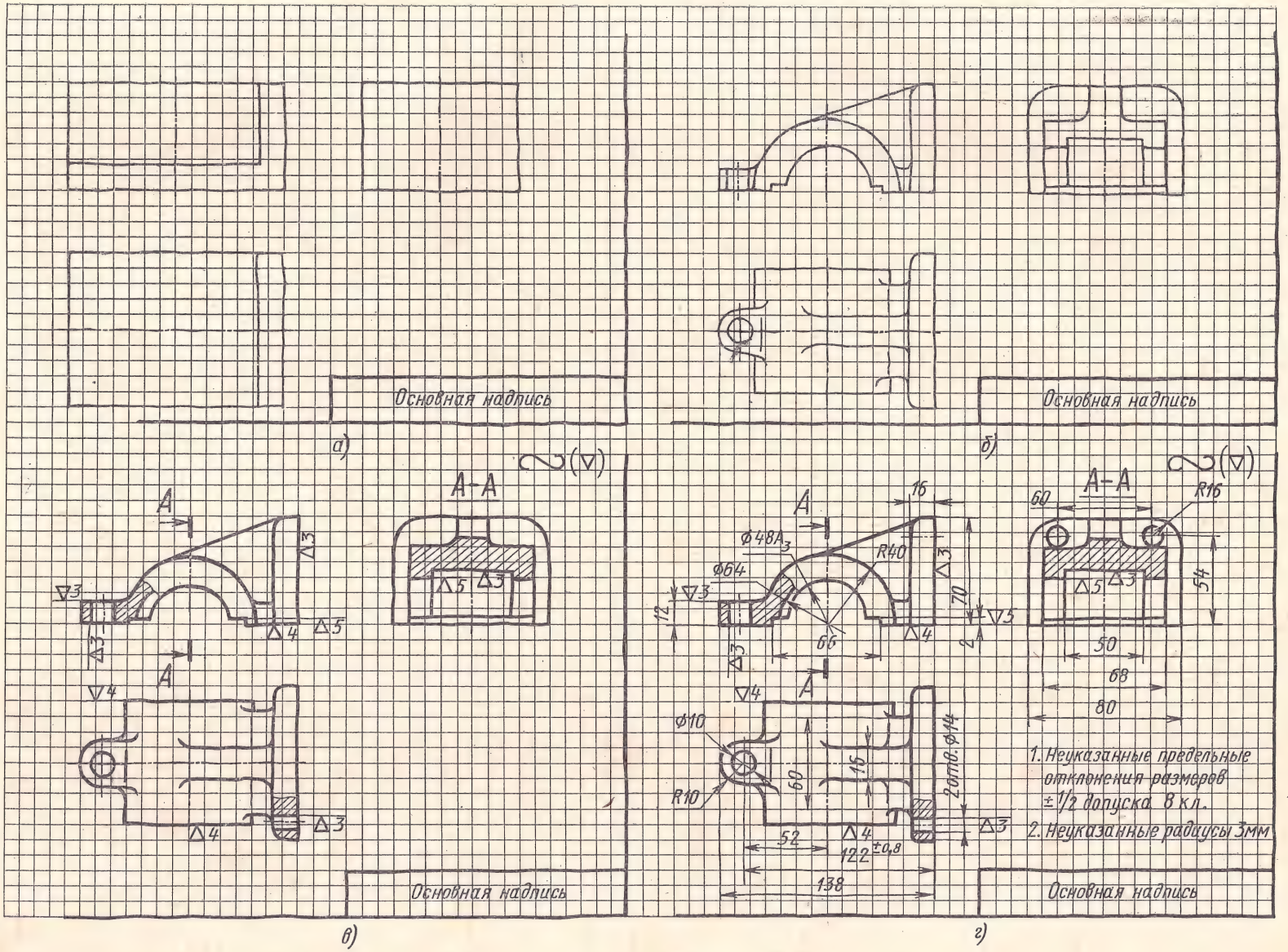

Основная надпись
а)
Основная надпись
б)
A-A
A
Основная надпись
в)
A-A
A
Ф48А3
Ф64
R40
16
70
66
12
2
Ф10
R10
60
16
2отв. Ф14
52
122±0,8
138
60
R16
54
50
68
80
1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±1/2 допуска 8 кл.
2. Неуказанные радиусы 3мм
Основная надпись
г)

Рис. 406

Также сравнивают соотношения элементов крышки, которые затем вписывают в габаритные прямоугольники (рис. 406, *б*).

Контурные очертания деталей обводят мягким карандашом линиями по ГОСТу 2.303—68, выполняют разрезы, наносят условные обозначения шероховатости поверхностей (рис. 406, *в*).

На полученных изображениях проводят выносные и размерные линии со стрелками, распределяя их по возможности равномерно на всех изображениях детали.

Размерные линии для внутренних и наружных поверхностей надо группировать отдельно. По возможности размерные линии следует проводить вне контура изображений детали.

Вначале наносят размерные линии для габаритных размеров, межосевых расстояний, диаметров отверстий, а затем для остальных размеров.

После нанесения размерных линий деталь измеряют, пользуясь кронциркулем, нутромером, линейкой, штангенциркулем и др. Одновременно наносят размерные числа (рис. 406, *г*).

§ 10. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Рабочие чертежи деталей (см. ч. IV, гл. 1, § 3) разрабатывают по снятым с натуры эскизам или по выполненному конструктором сборочному чертежу изделия. Рабочие чертежи выполняют, как правило, на все детали, входящие в состав изделия.

В отличие от эскиза рабочий чертеж детали выполняют чертежными инструментами в масштабе по ГОСТу 2.302—68. Такой чертеж, оформленный подлинными подписями, называется подлинником. С подлинника различными способами снимают копии, называемые дубликатами. Дубликаты размножают светокопированием и получают копии, необходимые для серийного и массового изготовления деталей.

На чертежах деталь изображают в большинстве случаев в том виде, в каком она должна поступить на сборку.

Количество изображений — видов, разрезов, сечений и выносных элементов на чертеже детали должно быть минимальным, но достаточным для отображения формы детали. На рабочем чертеже детали указывают размеры с предельными отклонениями, обозначения шероховатости поверхностей, предельные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, требования к материалу, указания о покрытии поверхностей и др.

На чертежах деталей не допускается помещать технологические указания за исключением способов изготовления, если эти способы являются единственными, гарантирующими качество детали, например совместная обработка, притирка, совместная гибка и т. п.

Если рабочий чертеж выполняется по имеющемуся эскизу, то при компоновке чертежа надо иметь в виду, что размеры изображений на рабочем чертеже будут отличаться от размеров изображений на эскизе. Это объясняется тем, что эскиз был выполнен в «глазомерном», неточном масштабе, а рабочий чертеж должен выполняться в масштабе, по ГОСТу 2.302—68.

Рабочий чертеж детали выполняют в следующем порядке:

1. Определяют количество изображений.

2. Выбирают масштаб по ГОСТу 2.302—68. Желательно, но необязательно применять масштаб 1 : 1, при котором деталь изображается в действительную величину.

Мелкие детали сложной формы следует изображать в масштабе увеличения, а крупные детали несложной формы — в масштабе уменьшения. Если крупная деталь имеет сложную форму, то целесообразнее применять обрывы, изображения половины симметричного вида и т. п., не уменьшая значительно масштаба изображения.

3. Выбирают формат по ГОСТу 2.301—68.

4. Вычерчивают сплошными основными линиями рамку чертежа, оставив с левой стороны 20 мм для брошюровки.

5. Вычерчивают прямоугольник основной надписи чертежа и делят его на графы. В верхнем углу рамки помещают прямоугольник размером 70 × 14 мм для обозначения чертежа.

6. Размещают на поле чертежа изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы). Для этого из бумаги или картона желательно вырезать прямоугольники с габаритными размерами изображений и, передвигая их по полю чертежа, определить место каждого изображения так, чтобы осталось достаточно места для нанесения размеров.

7. Наносят штрихпунктирными тонкими линиями оси симметрии и центровые линии отверстий на изображениях. От этих линий откладывают размеры изображений и проводят основные контурные линии (пока тонкими сплошными линиями).

8. Удаляют резинкой все вспомогательные и лишние линии и обводят чертеж линиями по ГОСТу 2.303—68.

9. Выполняют штриховку фигур разрезов и сечений по правилам, изложенным в ГОСТе 2.306—68. На всех изображениях детали штриховка должна иметь одно и то же направление.

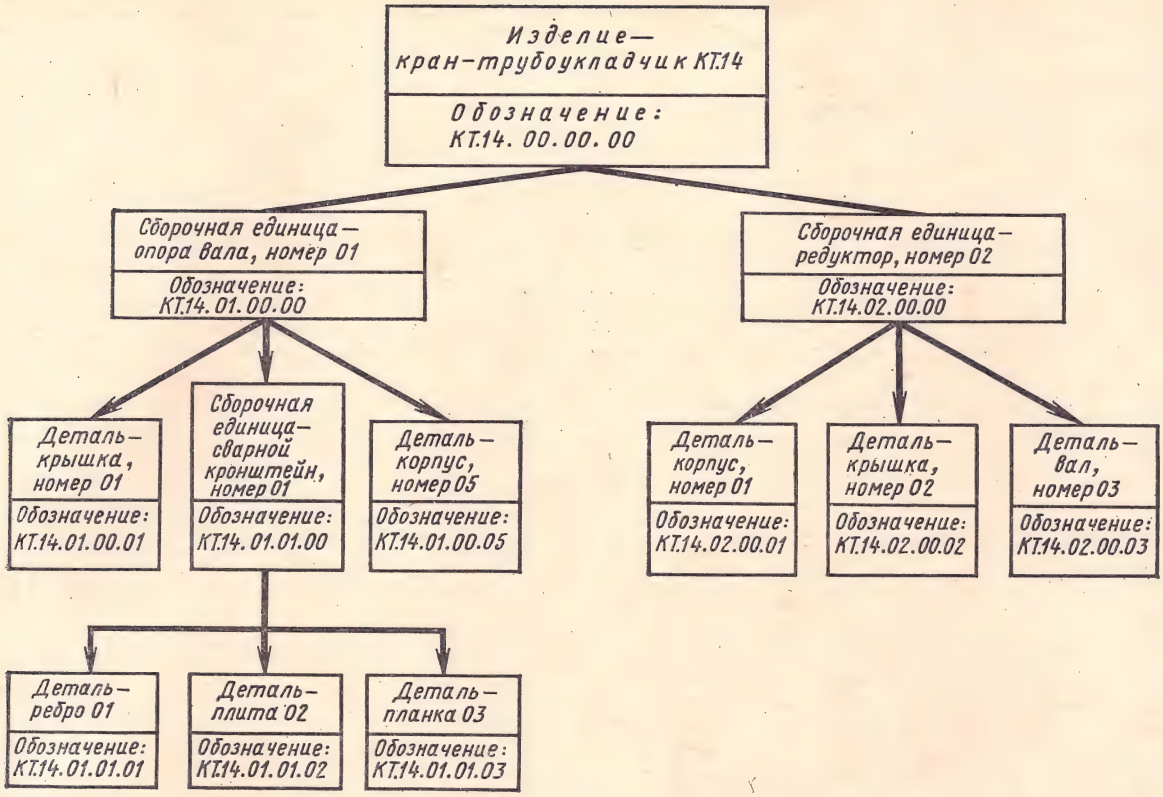


Рис. 407

10. Наносят обозначения шероховатости поверхностей детали условными знаками по ГОСТу 2.309—68.

11. Наносят выносные и размерные линии со стрелками по ГОСТу 2.307—68. Вычерчивают условные знаки предельных отклонений формы и расположения поверхностей по ГОСТу 2.308—68.

12. Наносят технические требования и другие пояснительные тексты.

13. Заполняют графы основной надписи чертежа по ГОСТу 2.104—68.

Если чертеж выполнен на одном листе, то графу «Лист» не заполняют.

Размер шрифта для размерных чисел и надписей должен быть не менее 3,5.

В настоящее время в стадии разработки находится ГОСТ 2.201—68 «Классификация и обозначения изделий и конструкторских документов». Система обозначений, устанавливаемая этим ГОСТом, будет не только учитывать организацию производства, но и возможность машинной обработки документации с использованием современной вычислительной техники.

На учебных чертежах рекомендуется применять упрощенную предметную систему обозначения, при которой составные части изделия обозначают в зависимости от обозначения этого изделия (рис. 407).

Как видно из этой схемы, обозначение каждой детали состоит из индекса изделия и шестизначного числа.

Индекс изделия состоит из сочетания букв русского алфавита и арабских цифр, в данном случае — КТ.14.

Первая пара цифр после индекса представляет собой порядковый номер сборочной единицы, вторая пара цифр — порядковый номер неразъемного соединения, входящего в эту сборочную единицу (в данном случае — сварного соединения), и третья пара цифр после индекса — порядковый номер детали.

В учебном процессе, когда изделие или сборочная единица, в которую входит деталь, неизвестны, деталь обозначают условно, например, МЧ.00.00.00.07, где индекс МЧ.00 означает машиностроительное черчение, а 7 — номер эскизируемой детали из кабинета черчения.

Технологические процессы изготовления деталей в зависимости от их назначения, формы и

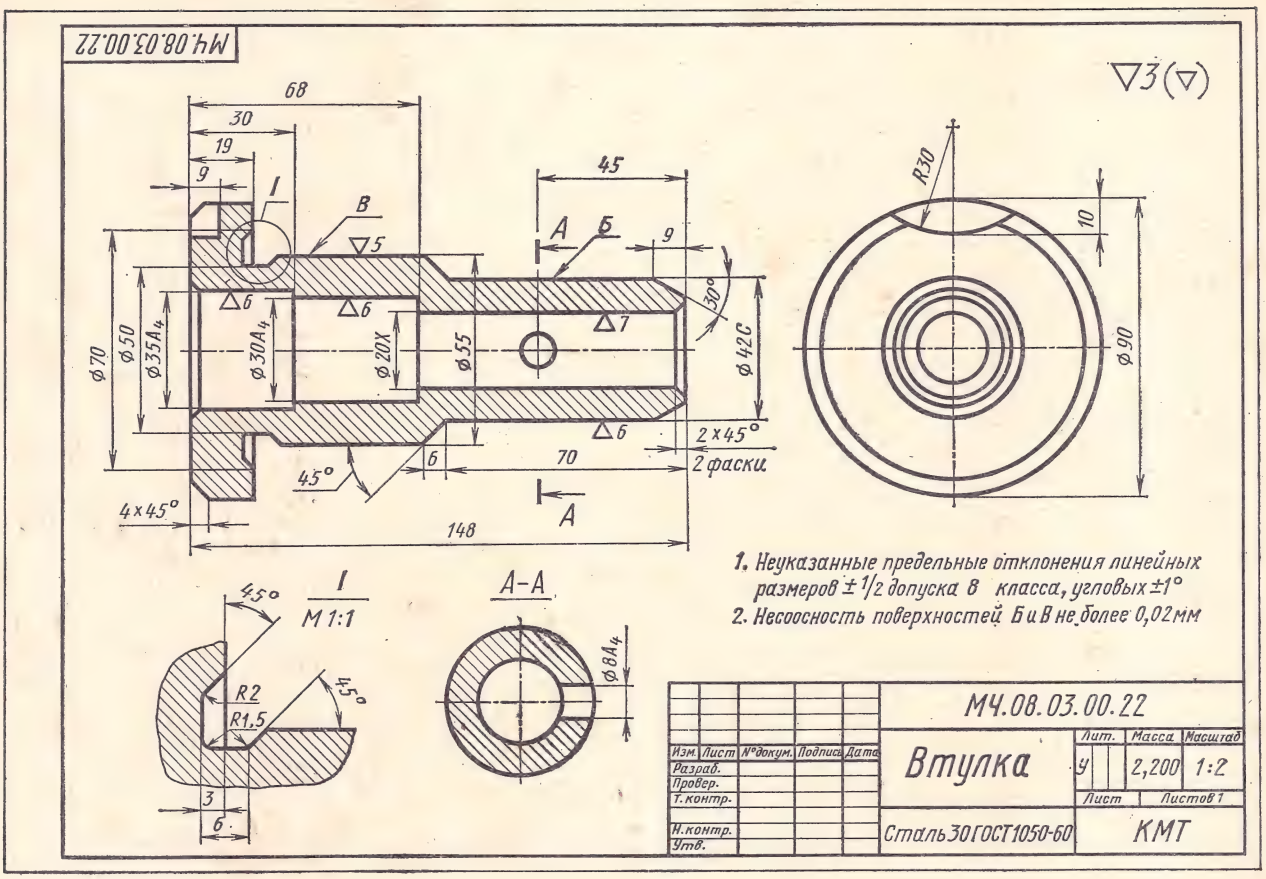


Рис. 408

других факторов могут быть различными: литье, ковка, штамповка, сварка, обработка на металлорежущих станках и др.

Пример рабочего чертежа детали — втулки, изготовленной на металлорежущих станках, приведен на рис. 408. Чертеж содержит четыре изображения: фронтальный разрез, вид слева, выносной элемент *I* и сечение *А — А*.

Вид слева в данном примере требуется только для изображения выемки *R30*. Выносной элемент, выполненный в масштабе 1 : 1, показывает форму и размеры проточки.

Классы чистоты цилиндрических поверхностей различные — 5, 6 и 7; шероховатость поверхностей, не обозначенных знаками, 3-го класса, о чем указывают знаки в верхнем правом углу чертежа.

Торцовые плоскости детали являются технологическими базами при обработке поверхностей детали на токарном станке. От этих плоскостей проставлены размеры длин.

В технических требованиях отмечены отклонения от соосности поверхностей *Б* и *В*.

Основная надпись чертежа, размещенная внизу справа, заполнена в соответствии с ГОСТом 2.104—68.

Массу детали указывают в кг без указания единиц измерения. Допускается указывать массу изделия в других единицах измерения с указанием их, например, 0,5 г, 10 т.

Пример рабочего чертежа детали—крышки гидроцилиндра, отлитой из чугуна, представлен на рис. 409.

Чертеж содержит три вида: главный вид, профильный разрез и вид сверху. На главном виде выполнен местный разрез. В местах пересечения поверхностей детали имеются скругления. Это характерный признак литой детали. Скруглений нет только в местах, обработанных на металлорежущих станках. Шероховатость обработанных поверхностей отмечена знаками ▽ 3 и ▽ 4. Знаки в верхнем правом углу чертежа указывают, что все поверхности, не отмеченные каким-либо знаком шероховатости, имеют шероховатость ниже 1-го класса и высоту неровностей $R_z = 500$ мкм.

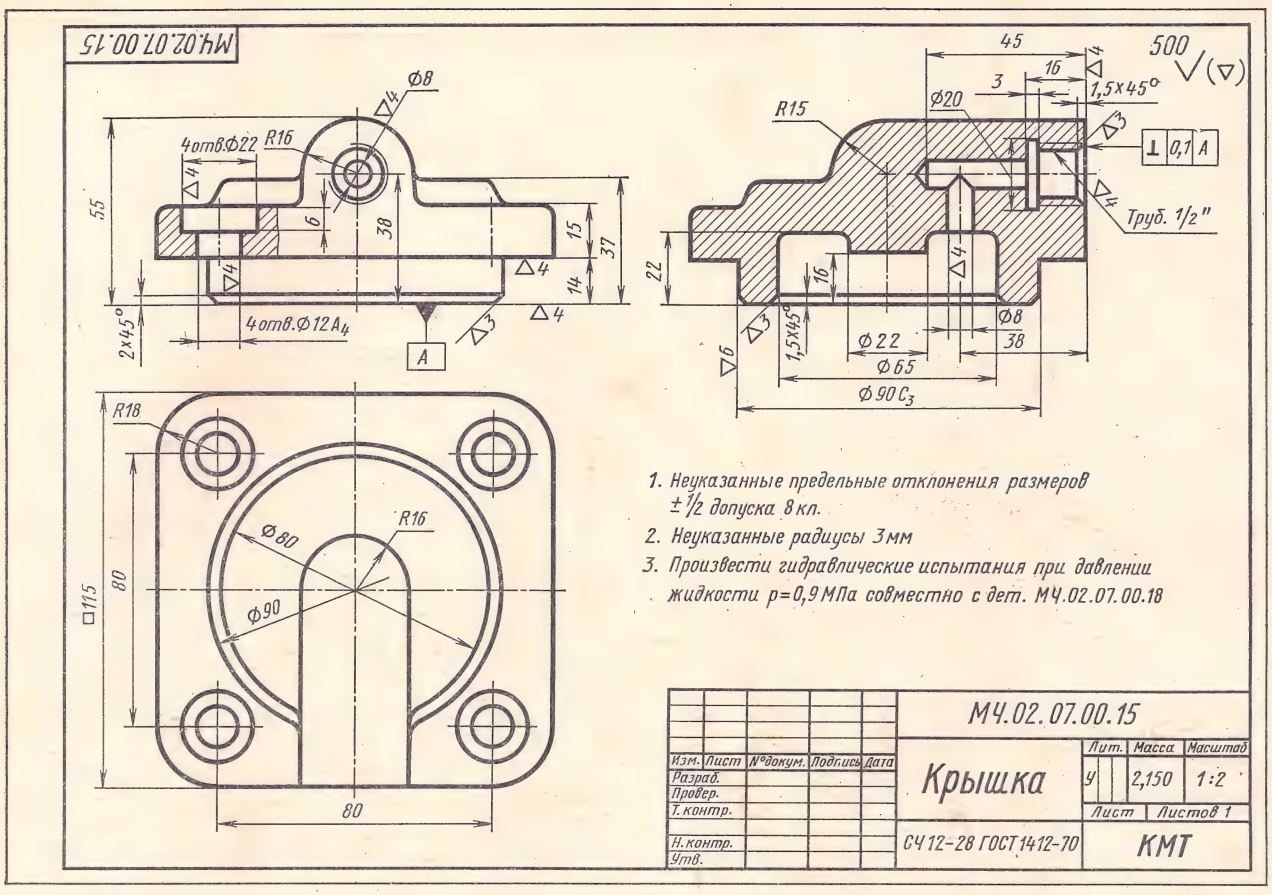


Рис. 409

Некоторые размеры крышки имеют предельные отклонения. Так, например, размер диаметра центрирующего выступа $\phi\ 90C_3$ указывает, что крышка входит в цилиндр по скользящей посадке 3-го класса точности в системе отверстия. Отклонение от перпендикулярности торца крышки относительно основания, равное 0,1 мм, указано на чертеже условным обозначением.

Пример рабочего чертежа детали, гнутой из листового материала, представлен на рис. 410.

Для изготовления этой детали (скобы) требуется чертеж развертки.

Чертеж полной или частичной развертки выполняется по ГОСТу 2.109—68 в том случае, когда изображение детали, изготовляемой гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах отдельных ее элементов. Чертеж развертки должен содержать только те размеры, которые невозможно указать на изображениях готовой детали. При необходимости на изображении развертки наносят линии сгиба, выполняемые сплошными тонкими линиями, с указанием на полке линии-выноски *Линия сгиба*.

Над изображением развертки помещают надпись *Развертка*. Развертку вычерчивают сплошными основными линиями, толщина которых равна толщине линии видимого контура на изображении готовой детали.

Допускается совмещать изображение части развертки с видом детали. В этом случае развертку изображают штрихпунктирными тонкими линиями и надпись *Развертка* не помещают.

В рассматриваемом на рис. 410 примере особых затруднений в построении развертки нет, так как деталь ограничена плоскостями и в местах сгиба — цилиндрическими поверхностями. Размеры детали определяют по главному виду и виду сверху, за исключением правой части детали, развертка которой выполнена на рис. 410.

На видах детали проставлены все размеры, необходимые для вырубки и изгиба в штампах, кроме размеров, указанных на развертке. В некоторых случаях отверстия выполняют после

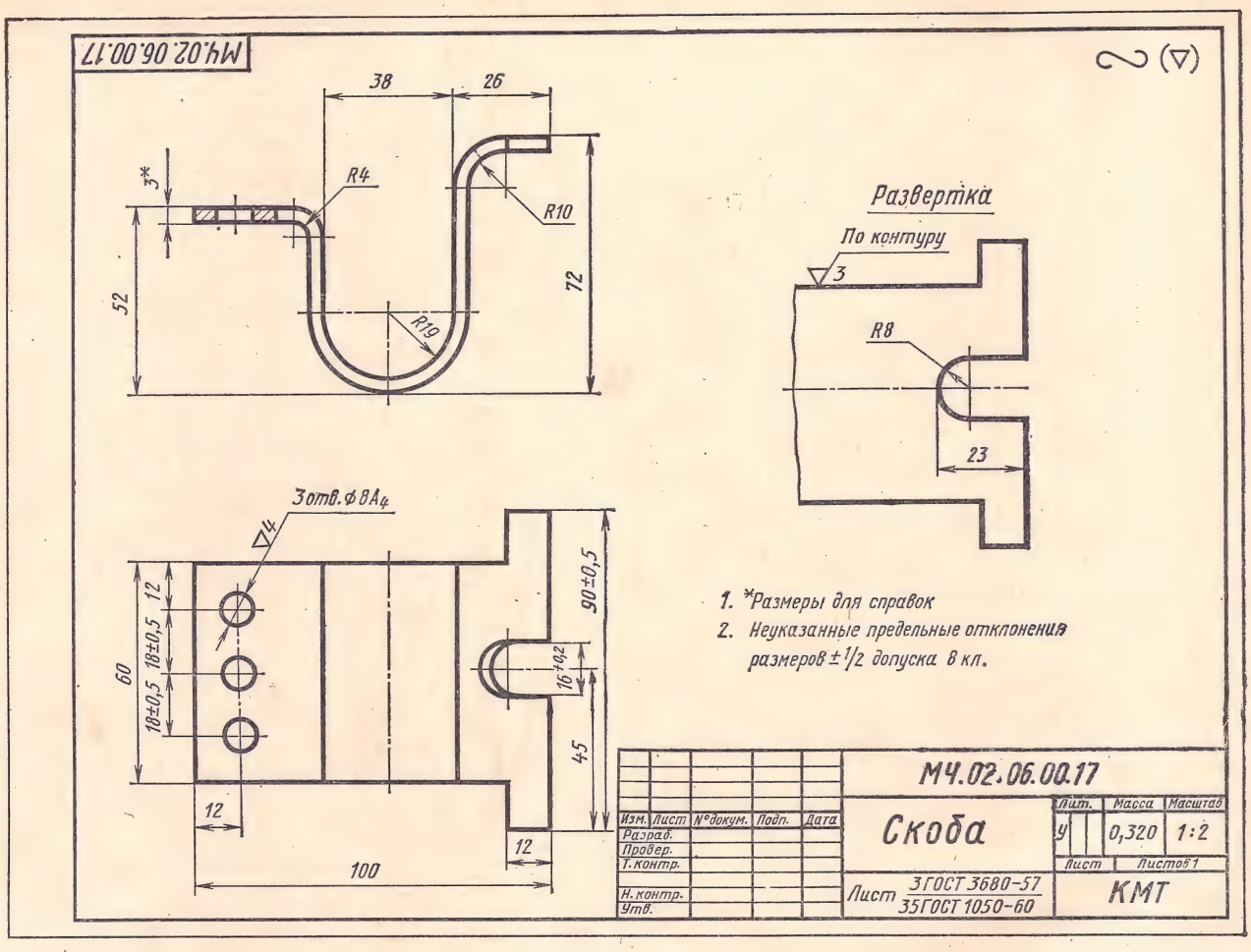


Рис. 410

гибки. Тогда размеры их проставляют только на изображении детали, а на развертке отверстия не показывают.

§ 11. ЧЕРТЕЖИ ПРУЖИН

Пружины используют в конструкциях машин и приборов для создания необходимого усилия, а также для поглощения вибраций, толчков и ударов, возникающих при работе машин.

При работе механизма пружина деформируется — сжимается или растягивается; возникающие при этом силы упругости, стремящиеся придать пружине прежнюю форму, создают требуемое усилие.

Пример применения пружины, растягивающейся при работе (пружины растяжения) и служащей для создания усилия на рычаге *А* механизма прядильной машины, показан на рис. 411.

Пример применения пружины сжатия показан на рис. 412, где изображен предохранительный клапан. Предварительно сжатая пружина прижимает клапан к седлу с определенным усилием. Если давление пара в магистрали превысит это усилие, клапан поднимется и сожмет пружину, выпустив часть пара наружу.

По форме пружины разделяются на цилиндрические (табл. 16, п. 1—3, 5, 6, 9), конические (табл. 16, п. 4, 7), пластинчатые (табл. 16, п. 8), спиральные и др.

Поперечное сечение витков винтовой пружины может быть круглым (табл. 16, п. 1, 2, 4—6, 9), квадратным (табл. 16, п. 3), прямоугольным (табл. 16, п. 7, 8), а направление витков — правым или левым.

На сборочных чертежах пружины изображаются условно (упрощенно) по ГОСТу 2.401—68.

На плоскости проекций, параллельной оси винтовой пружины, контуры витков (синусоиды) заменяют прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки контура или сечения.

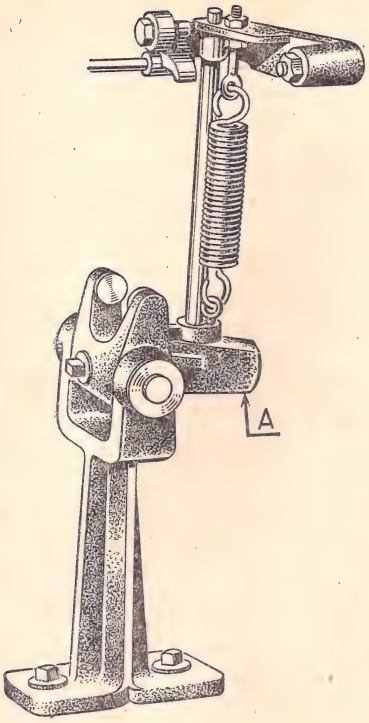


Рис. 411

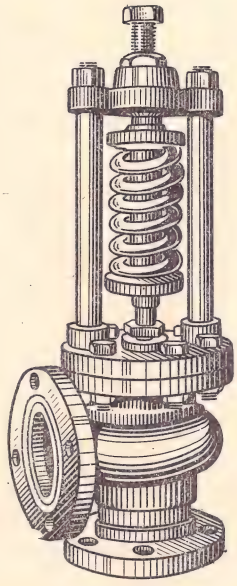


Рис. 412

Если винтовая пружина имеет более четырех рабочих витков, то изображают с каждого конца пружины один или два таких витка, кроме опорных. Остальные витки не изображают, а проводят по всей длине пружины осевые линии через центры сечений витков (табл. 16, п. 1—6).

Если диаметр проволоки или толщина сечения материала на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают прямыми линиями толщиной от 0,6 до 1,5 мм (табл. 16, п. 9).

Правила выполнения рабочих чертежей пружин установлены ГОСТом 2.401—68.

Все пружины на рабочих чертежах изображают в свободном состоянии (без деформаций — сокращений или удлинений от действия нагрузок).

Винтовые пружины, независимо от их рабочего положения, изображают на чертежах в горизонтальном положении (ось должна быть параллельна основной надписи). Пружины изображают только с правой навивкой.

Примеры рабочих чертежей пружин даны на рис. 413 и 414.

Под изображением пружины помещают технические требования. На учебных чертежах в технических требованиях указывают: полное

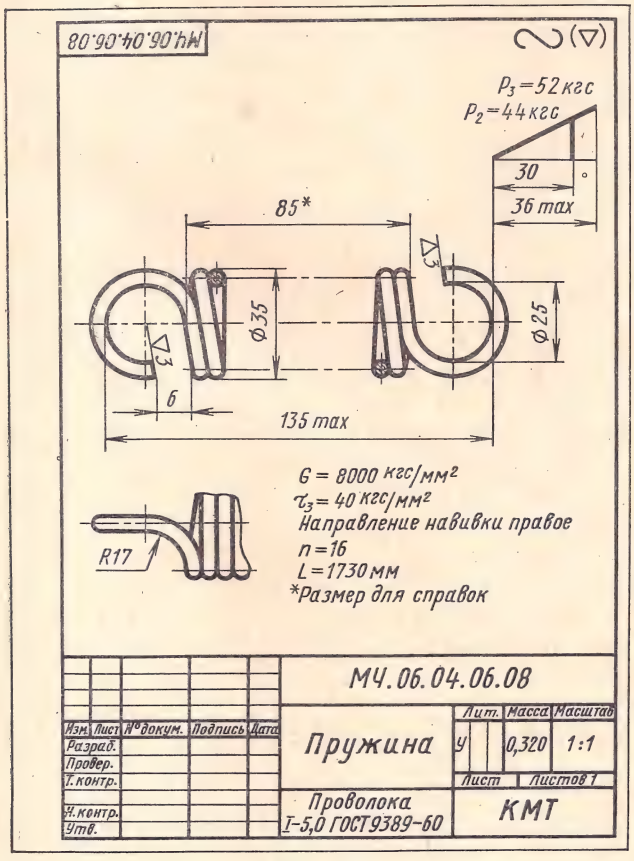


Рис. 413

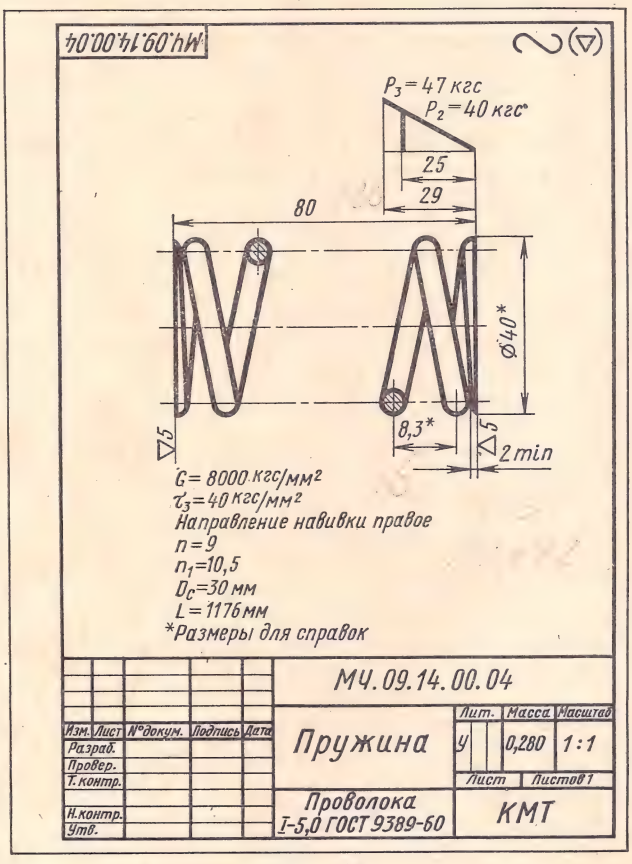
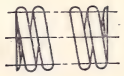
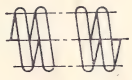
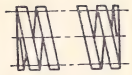
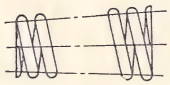
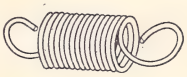
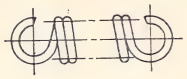
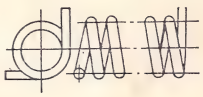
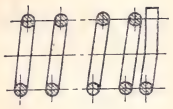
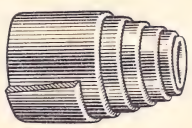
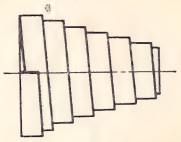
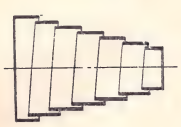
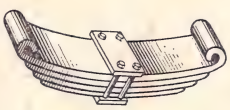
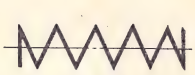


Рис. 414

Условные изображения пружин на сборочных чертежах (по ГОСТу 2.401—68)

Наименование и характеристика пружины	Наглядное изображение пружины	Условное изображение	
		на виде	в разрезе
1. Пружина сжатия из проволоки круглого сечения с поджатыми по $^3/_4$ витка с каждого конца и шлифованными на $^3/_4$ окружности опорными поверхностями			
2. Пружина сжатия из проволоки круглого сечения с неподжатыми и неотшлифованными крайними витками			
3. Пружина сжатия с прямоугольным сечением витка с поджатыми по $^3/_4$ витка с каждого конца и шлифованными на $^3/_4$ окружности опорными поверхностями			
4. Пружина сжатия коническая из проволоки круглого сечения с поджатыми по $^3/_4$ витка с каждого конца и шлифованными на $^3/_4$ окружностями опорными поверхностями			
5. Пружина растяжения из проволоки круглого сечения с зацепами, открытыми с одной стороны и расположенными в одной плоскости			
6. Пружина кручения из проволоки круглого сечения с прямыми концами, расположенными под углом 90°			
7. Пружина сжатия коническая (телескопическая) из заготовки прямоугольного сечения с шлифованными на $^3/_4$ окружности опорными поверхностями			
8. Пружина изгиба пластинчатая многослойная (рессора), стянутая хомутом			
9. Пружина сжатия с поджатыми витками и с толщиной сечения на чертеже 2 мм и менее			

число витков n_1; число рабочих витков n (опорные поджатые витки пружины в число рабочих витков не входят); направление навивки (правое или левое); диаметр контрольной гильзы $D_г$ (контролирующей наружный диаметр пружины) или диаметр контрольного стержня $D_с$ (контролирующего внутренний диаметр пружины); в некоторых случаях — длину развернутой пружины L.

Остальные данные (модуль сдвига G, напряжение касательное при кручении $\tau_з$ и др.) учащиеся могут записать в технических требованиях только на старших курсах техникума.

На рабочих чертежах пружин ответственного назначения (с контролируемыми силовыми параметрами) помещают вверху справа диаграммы испытаний (рис. 413 и 414), на которых показывают зависимость деформаций пружины от нагрузок (или наоборот).

Зависимость деформации от нагрузки определяется по формулам, изучаемым в курсах «Теоретическая механика» и «Сопротивление материалов», поэтому в учебных чертежах, выполняемых на первом и втором курсах техникума, диаграммы испытаний не помещают.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сколько классов чистоты поверхностей установлено в машиностроении? В чем их отличие и как они обозначаются на чертежах?
2. Какая разница между эскизом и рабочим чертежом?
3. Что подразумевается под чтением чертежа?
4. Как изображаются на чертежах пружины?
5. В каком месте чертежа пружины помещают необходимые данные о пружине?
6. В каком месте чертежа детали записывают технические требования?

ГЛАВА 5

ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Соединение деталей в изделии может быть разъемным или неразъемным.

Разъемное соединение осуществляется при помощи резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек), шпонок, штифтов, клиньев.

Неразъемное соединение может быть выполнено клепкой, сваркой, пайкой, запрессовкой, склеиванием.

Резьбовые соединения были рассмотрены в гл. 3. В данной главе рассматриваются правила изображения и обозначения других видов соединений.

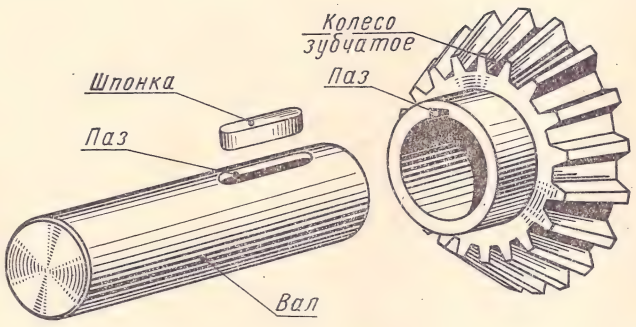


Рис. 415

§ 1. СОЕДИНЕНИЕ ШПОНКОЙ

Шпонки применяются для подвижного или неподвижного соединения шкивов, маховиков, полумуфт, кулачков, зубчатых колес и других деталей с валом или осью (рис. 415).

В таком соединении шпонка входит одновременно в паз вала и в паз колеса. При работе соединения боковые грани шпонки передают вращение от вала колесу (или наоборот).

Шпонки по форме бывают призматические, клиновые, сегментные и др. Размеры шпонок стандартизованы и зависят от диаметра вала.

В продольном разрезе соединения шпонки показывают нерассеченными.

Наиболее распространены соединения **призматическими шпонками** (рис. 416, *а*).

Призматические шпонки бывают прямоугольные и скругленные (рис. 416, *б*).

Между пазом втулки и верхней гранью шпонки имеется небольшой радиальный зазор (рис. 416, *в*).

Если детали (например, блок зубчатых колес или кулачковая муфта) при работе должны перемещаться вдоль оси вала, то призматическую шпонку закрепляют на валу винтами. Такие призматические шпонки, называемые направляющими, стандартизованы (ГОСТ 8790—68).

Размеры сечений призматических шпонок и пазов, а также размеры длин шпонок даны в табл. 17.

Таблица 17

Призматические шпонки. Размеры в мм
(по ГОСТам 8788—68 и 8789—68)

Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Глубина паза		Радиус закругления r	Длина шпонки l
	b	h	t	t_1		
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	0,25	10—56
» 17 » 22	6	6	3,5	2,8	0,25	14—70
» 22 » 30	8	7	4	3,3	0,25	18—90
» 30 » 38	10	8	5	3,3	0,4	22—110
» 38 » 44	12	8	5	3,3	0,4	28—140
» 44 » 50	14	9	5,5	3,8	0,4	36—160

Например, для вала диаметром $d = 28$ мм предназначена шпонка с размерами $b = 8$ мм и $h = 7$ мм. Длина шпонки l может быть от 18 до 90 мм. Обычно принимают $l = 1{,}5d$. В данном случае $l = 1{,}5 \cdot 28 = 42$ мм. Этот размер округляют до ближайшего большего размера $l = 45$ мм по ГОСТу 8789—68.

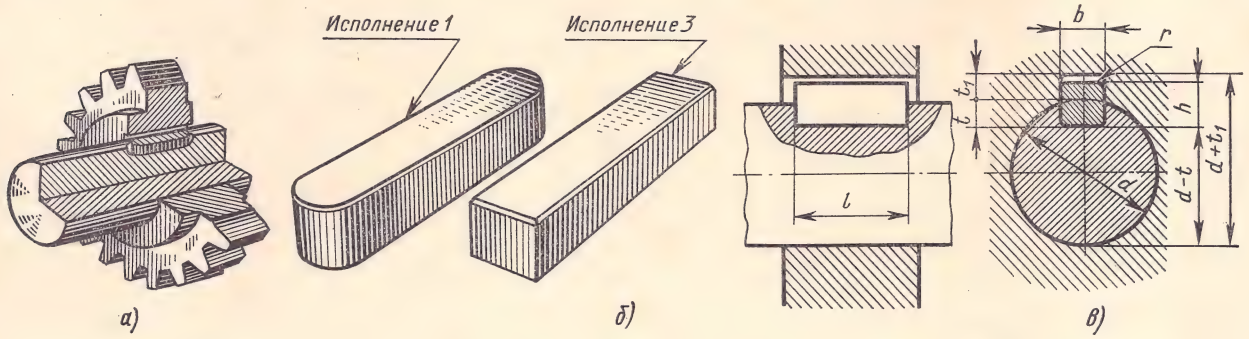


Рис. 416

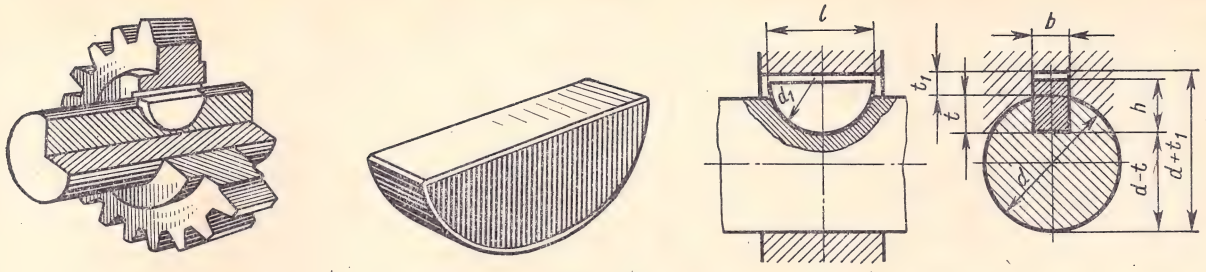


Рис. 417

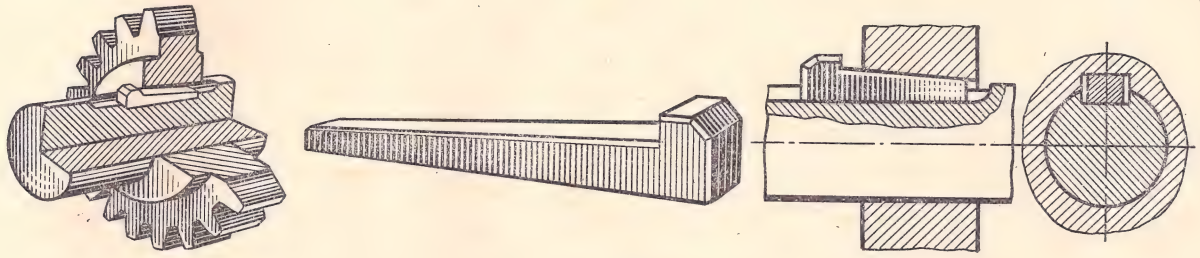


Рис. 418

Условное обозначение этой шпонки: *шпонка 8 × 7 × 45 ГОСТ 8789—68.*

Сегментные шпонки (рис. 417) применяются для неподвижного соединения валов с короткими втулками.

Размеры сегментных шпонок и пазов стандартизованы (ГОСТы 8794—68 и 8795—68).

Пример условного обозначения сегментной шпонки шириной $b = 6$ мм и высотой $h = 13$ мм: *шпонка сегм. 6 × 13 ГОСТ 8795—68.*

Клиновые шпонки (рис. 418) применяют в механизмах с невысокой точностью. По конструкции клиновые шпонки бывают с головкой и без головки.

Форма клиновой шпонки — односторонне скошенная призма с широкой рабочей гранью, имеющей уклон 1 : 100. Паз втулки колеса выполняют с таким же уклоном. Паз вала выполняется без уклона. Между боковыми гранями шпонки и деталями имеется зазор, который надо показывать на чертеже шпоночного соединения.

Размеры клиновых шпонок и пазов стандартизованы (ГОСТы 8791—68, 8792—68 и 8793—68).

Пример обозначения клиновой шпонки шириной $b = 12$ мм, высотой $h = 8$ мм и длиной $l = 80$ мм: *шпонка 12 × 8 × 80 ГОСТ 8792—68.*

§ 2. СОЕДИНЕНИЕ ЗУБЧАТОЕ (ШЛИЦЕВОЕ)

Зубчатое или шлицевое соединение втулок с валами образуется выступами на валу и впадинами такого же профиля во втулке (рис. 419). Это

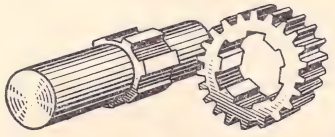


Рис. 419

соединение аналогично шпоночному, но так как выступов обычно несколько, то это соединение по сравнению со шпоночным имеет следующие преимущества: возможность передачи больших мощностей, лучшее центрирование втулки, повышение прочности соединения. Поэтому зубчатые (шлицевые) соединения применяют в ответственных конструкциях.

По форме поперечного сечения различают **прямобочные** (рис. 420, *а*), **эвольвентные** (рис. 420, *б*) и **треугольные** (рис. 420, *в*) зубчатые соединения.

Условные изображения зубчатых (шлицевых) валов, отверстий и их соединений установлены ГОСТом 2.409—68.

Окружности и образующие поверхностей **выступов** (зубьев) на изображениях валов и отвер-

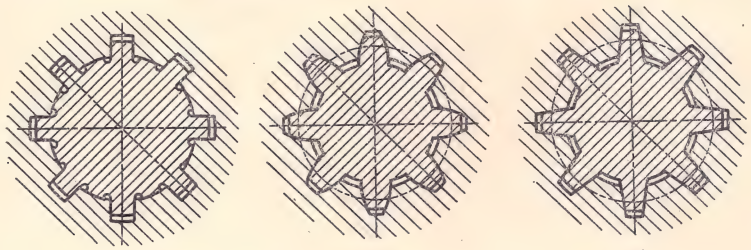


Рис. 420

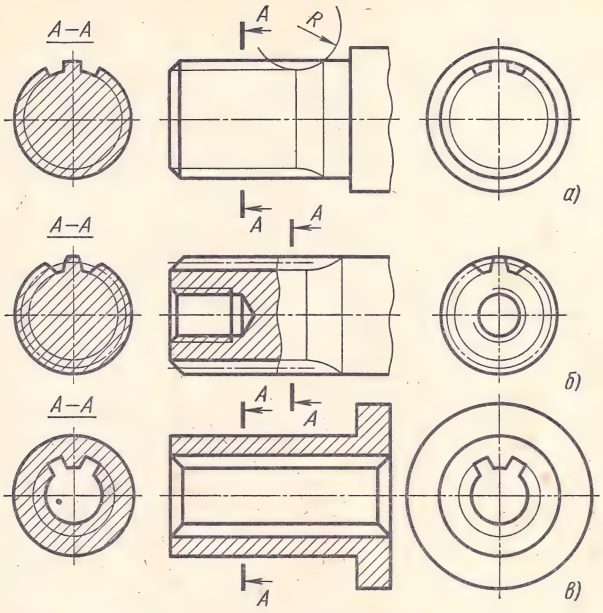


Рис. 421

стий вычерчивают **сплошными основными линиями** (рис. 421).

Окружности и образующие поверхностей **впадин** на изображениях валов и отверстий вычерчивают **сплошными тонкими** линиями (рис. 421).

На продольных разрезах валов и отверстий образующие поверхностей впадин показывают сплошными основными линиями (рис. 421, *б* и *в*).

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси зубчатого вала или отверстия, изображают профиль одного зуба и двух впадин без фасок (рис. 421).

На изображениях деталей зубчатых соединений эвольвентного профиля наносят штрихпунктирной тонкой линией делительную окружность (рис. 421, *б*).

Эта окружность делит изображение зуба на две части: головку и ножку. Диаметр делительной окружности $d_д = mz$, где m — модуль в мм (от 1 до 10 мм) и z — число зубьев. Все эти данные находят по таблицам ГОСТа 6033—51 «Соединения зубчатые (шлицевые) эвольвентные».

На рабочих чертежах зубчатых (шлицевых) валов и отверстий указывают следующие размеры: длину l зубьев полного профиля до сбега (при необходимости допускается указывать полную длину L зубьев и радиус R инструмента — фрезы); диаметр выступов D; диаметр впадин d; толщину зубьев вала b; ширину впадин отверстия b (рис. 421, *а* и 422). Указывают также предельные отклонения размеров диаметров D и d. Остальные данные, необходимые для изготовления и контроля элементов зубчатых соединений, помещают в таблице (рис. 422).

Размеры зубьев (шлиц) прямобочного и эвольвентного профилей стандартизованы. В табл. 18 приведены основные размеры прямобочных зубчатых соединений.

Таблица 18

Соединения зубчатые (шлицевые) прямобочные. Основные размеры в мм
(по ГОСТу 1139—58)

Номинальный размер $z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b
8×36×42	8	36	42	7
8×42×48	8	42	48	8
8×46×54	8	46	54	9

Пример условного изображения прямобочного зубчатого соединения показан на рис. 423, *а*, а эвольвентного — на рис. 423, *б*.

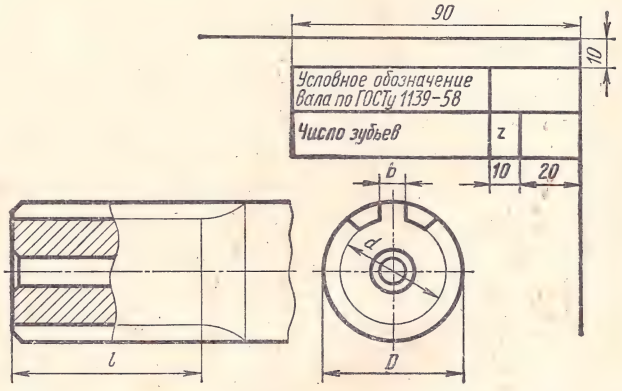


Рис. 422

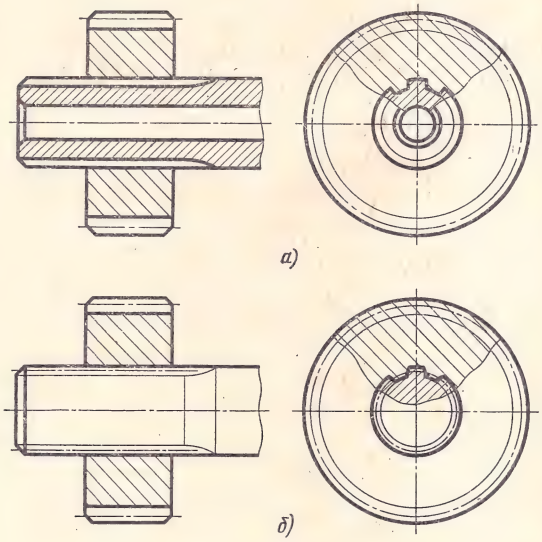


Рис. 423

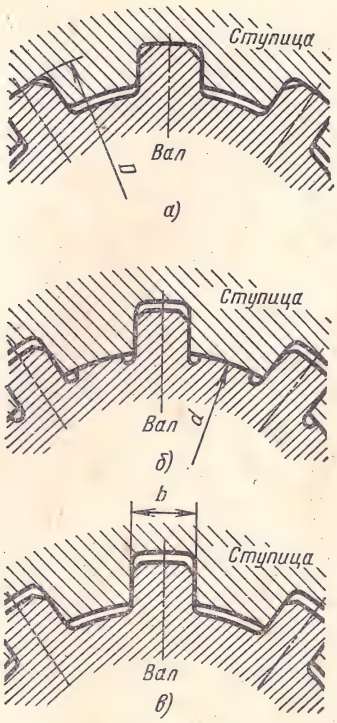


Рис. 424

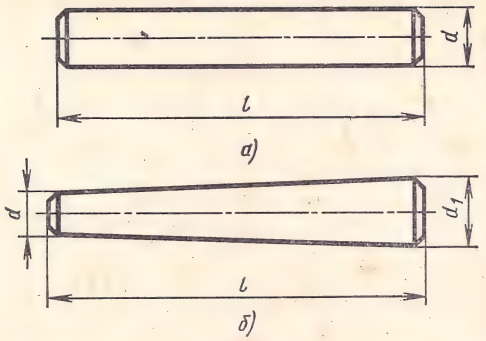


Рис. 425

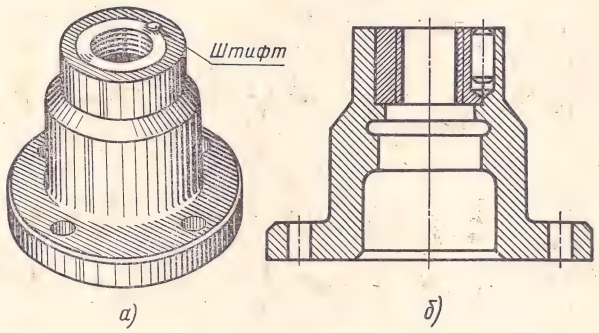


Рис. 426

Центрирование (плотный контакт поверхностей зубьев с поверхностями впадин) деталей прямобочного зубчатого соединения может осуществляться по наружному диаметру D (рис. 424, *а*), по внутреннему диаметру d (рис. 424, *б*) и по боковым поверхностям зубьев (рис. 424, *в*).

В зависимости от способа центрирования в условном обозначении соединения указывается буква D, d или b.

Пример условного обозначения прямоугольного зубчатого (шлицевого) соединения с центрированием по наружному диаметру D с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 42$ мм и наружным диаметром $D = 48$ мм: *D8 × 42 × × 48*. В этой записи не указаны обозначения полей допусков.

§ 3. СОЕДИНЕНИЕ ШТИФТАМИ

Штифты представляют собой гладкие стальные стержни. По форме штифты разделяются на цилиндрические (рис. 425, *а*) и конические (рис. 425, *б*). Во избежание коррозии на поверхность штифтов наносят защитное покрытие. Размеры штифтов стандартизованы (ГОСТы 3128—70 и 3129—70).

Штифты применяются для взаимной установки деталей (установочные штифты), а также в качестве соединительных и предохранительных деталей. При перегрузке предохранительный штифт разрушается (срезается), предохраняя детали от поломки.

Примером соединительного штифта может служить штифт, соединяющий нестандартную цилиндрическую гайку с крышкой клапана (рис. 426, *а*). В этом случае отверстие под штифт одновременно сверлится и развертывается в соединяемых гайке и крышке после их сборки.

При вычерчивании такого соединения ось отверстия для штифта должна совпадать с линией контакта соединяемых деталей (рис. 426, *б*).

Примеры условных обозначений штифтов приведены в гл. 7 «Сборочные чертежи».

§ 4. СОЕДИНЕНИЕ ЗАКЛЕПКАМИ

Соединение заклепками относится к неразъемным соединениям. В случае разборки таких соединений приходится применять вырубку, высверливание, газовую резку и другие операции, ведущие к порче и разрушению соединяемых деталей.

На рис. 427 показан загрузочный бункер плавильной печи, детали которого соединены заклепками.

Для установки заклепок в деталях сверлят или пробивают пуансоном отверстия. Заранее изготовленные заклепки нагревают и вставляют в отверстия деталей (рис. 428, *а*), а свободный

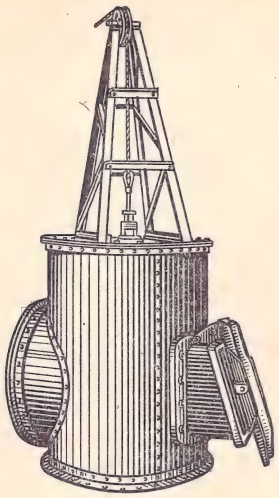


Рис. 427

конец заклепки расклепывают (осаживают) клепальным молотком (рис. 428, *б*).

Размеры заклепок и диаметры отверстий под заклепку, которые делаются несколько больше диаметра непоставленной заклепки, стандартизованы.

Диаметры отверстий под заклепки выбирают по ГОСТу 885—64. Заклепки нормальной точности выполняются с головками различной формы по соответствующим стандартам (табл. 19).

Для соединения деталей из мягких материалов (кожи, картона, пластмасс и др.) применяют пустотелые и полупустотелые заклепки (рис. 428, *в*). Размеры таких заклепок стандартизованы (ГОСТы 12638—67 ÷ 12644—67).

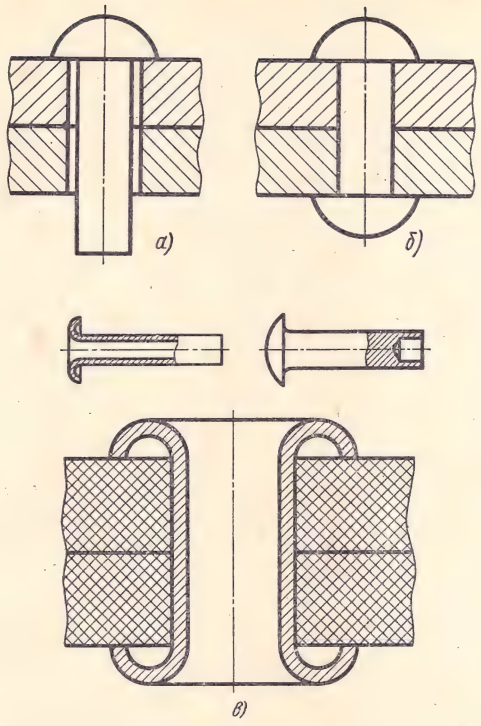


Рис. 428

Таблица 19

Виды заклепок

Изображение заклепки	Наименование	Номер стандарта
	Заклепки с полукруглой головкой	ГОСТ 10299—68
	Заклепки с потайной головкой	ГОСТ 10300—68
	Заклепки с полупотайной головкой	ГОСТ 10301—68
	Заклепки с полукруглой низкой головкой	ГОСТ 10302—68
	Заклепки с плоской головкой	ГОСТ 10303—68

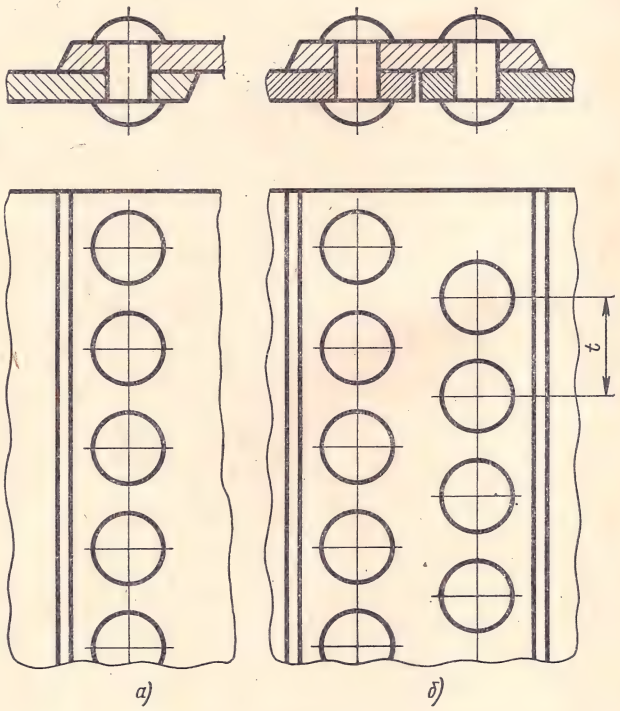


Рис. 429

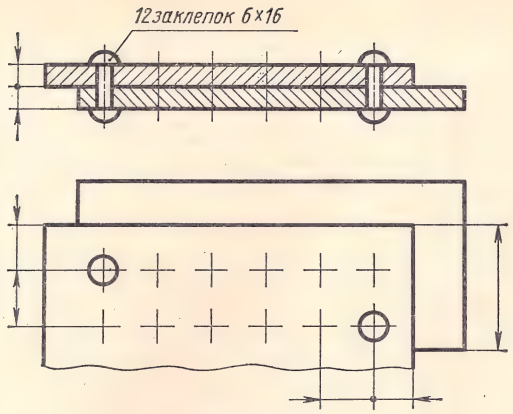


Рис. 430

По расположению заклепок в соединениях различают однорядные (рис. 429, *а*) и многорядные (рис. 429, *б*) швы. Расположение заклепок в швах может быть шахматным (рис. 429, *б*) и параллельным (рис. 430).

По типу стыковки соединяемых деталей различают швы внахлестку (рис. 429, *а*) и встык, с накладками (рис. 429, *б*).

Расстояние между осями двух соседних заклепок, измеренное параллельно кромке шва, называется шагом *t* заклепочного шва (рис. 429, *б*).

В продольном разрезе заклепки не заштриховывают (рис. 429).

Условные изображения заклепочных соединений установлены ГОСТом 2.313—68.

При выполнении чертежей заклепочного соединения размещение заклепок указывают на виде условным знаком +, а в разрезах показывают их только в начале и в конце соединения (рис. 430).

Все конструктивные элементы и размеры шва заклепочного соединения указывают на чертеже, как показано на рис. 430, где *6* — диаметр стержня заклепки в мм, *16* — длина стержня заклепки в мм.

§ 5. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварное соединение деталей может быть выполнено двумя способами: сваркой плавлением и сваркой давлением.

Сварка плавлением по способу нагрева разделяется на газовую сварку, дуговую электросварку и др.

В качестве источника тепла при газовой сварке используется пламя сварочной горелки, в которой смешивается горючий газ с кислородом (рис. 431, *а*). При дуговой сварке источником тепла служит электрическая дуга, возникающая между электродом и свариваемыми деталями (рис. 431, *б*).

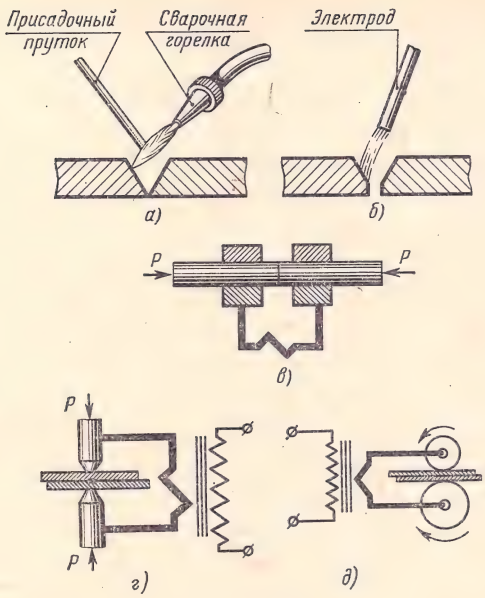


Рис. 431

При соединении деталей газовой или дуговой сваркой поверхности стыка нагревают до температуры плавления материала, из которого выполнены детали. В зону сварки вводят присадочный материал (в виде прутка), по химическому составу близкий к материалу деталей. Присадочный материал плавится и заполняет зазор между соединяемыми деталями. После остывания получается прочный сварной шов.

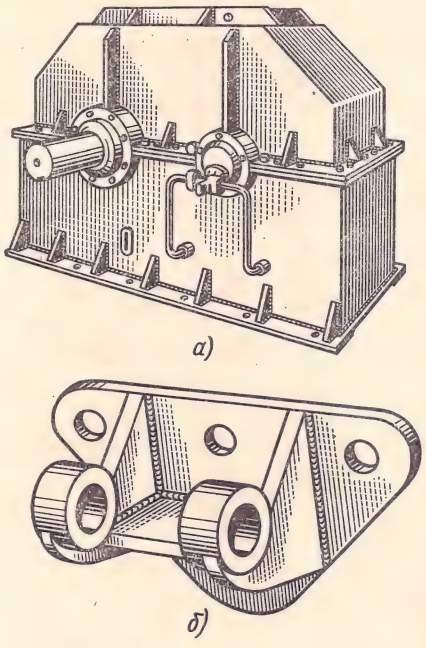


Рис. 432

По степени механизации процесса сварки различают ручную, полуавтоматическую и автоматическую сварку.

Сварка давлением осуществляется без применения присадочного материала. Наиболее распространенным способом является электрическая контактная сварка, которая может быть трех видов: стыковая (рис. 431, *в*), точечная (рис. 431, *г*) и роликовая (рис. 431, *д*). При соединении деталей контактной сваркой материал в зоне стыка нагревается до пластического состояния, а детали затем сжимаются с силой P.

Современные способы сварки во многих случаях эффективнее других способов изготовления изделий и деталей, например, трудоемкость изготовления сваркой крупных изделий, таких как крышка и корпус редуктора (рис. 432, *а*) или кронштейн (рис. 432, *б*) значительно меньше по сравнению с изготовлением таких же деталей литьем или ковкой.

§ 6. ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сварные соединения разделяются на стыковые (рис. 433, *а*), условно обозначаемые буквой *С*, угловые (рис. 433, *б*) — *У*, тавровые (рис. 433, *в*) — *Т* и соединения внахлестку (рис. 433, *г*) — *Н*.

Каждый вид сварного соединения может быть выполнен различными швами, которым присвоены буквенно-цифровые обозначения, например *С1*, *У3*, *Т5*, *Н2* и т. д.

Форма кромок, подготовленных к сварке, и характер выполненного шва сварного соединения могут быть различными. Например, стыковые соединения могут быть выполнены без подготовки (без скоса) кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок и т. п. Скосы кромок выполняют для равномерного прогрева поверхности стыка при сварке деталей толщиной свыше 10 мм. Сварные швы выполняют односторонними и двусторонними.

Основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений стандартизованы. Например, швы сварных соединений, выполняемых ручной электродуговой сваркой, установлены ГОСТом 5264—69, контактной электросваркой — ГОСТом 15878—70, автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом — ГОСТом 11533—65, швы сварных соединений из винипласта и полиэтилена выполняют по ГОСТу 16310—70, из алюминия и алюминиевых сплавов — по ГОСТу 14806—69 и т. д.

В табл. 20 показаны некоторые типы швов сварных соединений, выполняемых ручной электродуговой сваркой по ГОСТу 5264—69.

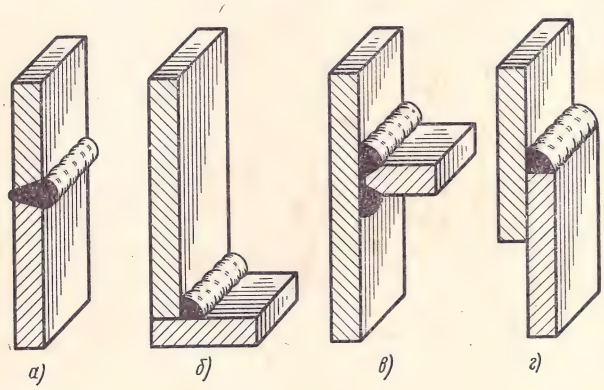


Рис. 433

§ 7. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Условные изображения швов сварных соединений независимо от способа сварки установлены ГОСТом 2.312—72.

Видимый шов изображают сплошной основной линией (рис. 434, *а*); невидимый шов — штриховой линией (рис. 434, *б*). Видимую одиночную сварную точку условно изображают знаком +, который выполняют сплошными основными линиями (рис. 434, *в*). Невидимые одиночные точки не изображают.

На изображении сечения многопроходного шва (рис. 435, *а*) допускается наносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначать прописными буквами русского алфавита.

Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров этих элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (рис. 435, *б*). Границы шва

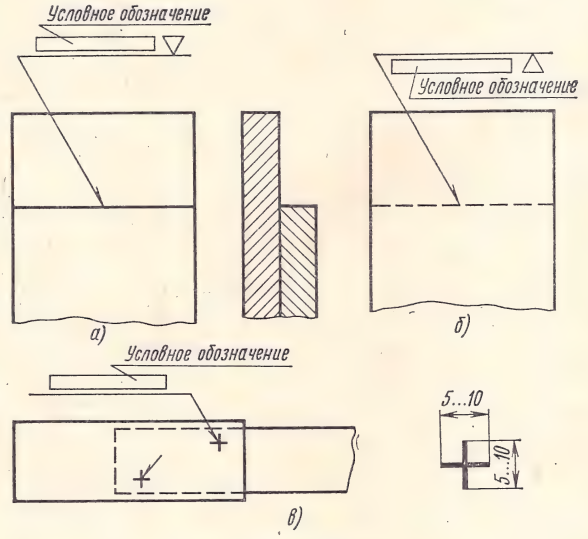
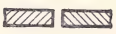
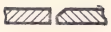
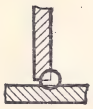


Рис. 434

Таблица 20

Некоторые типы сварных швов (по ГОСТу 5264—69)

Вид соединения	Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Условное обозначение шва сварного соединения
			подготовленных кромок	выполненного шва	
Стыковое	Без скоса кромок	Односторонний			*С2*
		Двусторонний			*С4*
	Со скосом одной кромки	Односторонний			*С5*
Угловое	Без скоса кромок	Односторонний впритык			*У2*
		Двусторонний			*У5*
	Со скосом одной кромки	Односторонний			*У6*
Тавровое	Без скоса кромок	Односторонний			*Т1*
	Со скосом одной кромки	Двусторонний			*Т7*
Внахлестку	Без скоса кромок	Односторонний прерывистый			*Н1*
		Двусторонний			*Н2*

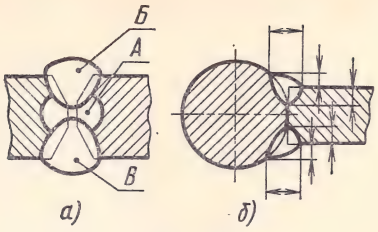


Рис. 435

изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

§ 8. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Условное обозначение шва наносят на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (см. рис. 434, *а*).

За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производится сварка.

За лицевую сторону двустороннего шва с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производится сварка основного шва.

За лицевую сторону двустороннего шва с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Если шов изображен с оборотной стороны, то обозначение шва наносят под полкой линии-выноски (см. рис. 434, *б*).

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва (см. рис. 434, *а* и *б*) или указывают в специальной таблице швов, или приводят в технических требованиях чертежа, например: шероховатость поверхностей сварных швов ... ▽3.

На рис. 436, *а* схематично показана структура условного обозначения стандартного сварного шва в соответствии с ГОСТом 2.312—72. При составлении условного обозначения шва вместо соответствующих прямоугольников на полке линии-выноски помещают:

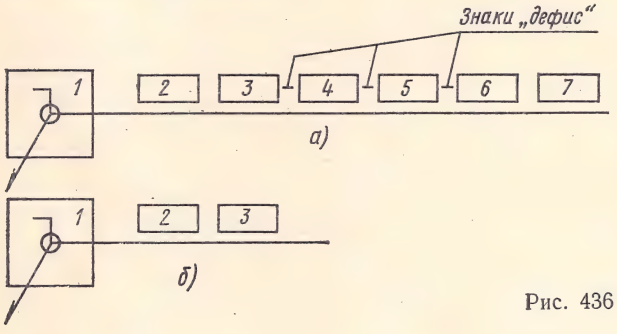


Рис. 436

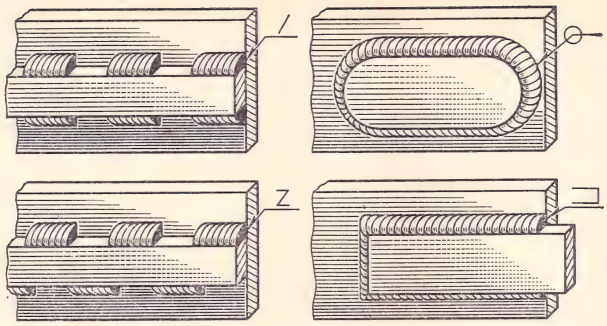


Рис. 437

1 — вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва (см. табл. 21 и рис. 437);

2 — обозначение (номер) стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

3 — буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

4 — условное обозначение способа сварки (табл. 22) по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать);

5 — знак (прямоугольный треугольник) и размер катета шва в мм согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений. Этот знак выполняют сплошными тонкими линиями. Высота знака должна быть одинакова с высотой цифры, входящей в обозначение шва;

6 — размеры:

а) для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак / или Z и размер шага;

б) для одиночной сварной точки — размер расчетного диаметра точки;

в) для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки; знак / или Z и размер шага;

г) для шва контактной роликовой электросварки — размер расчетной ширины шва;

д) для прерывистого шва контактной роликовой электросварки — размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак / и размер шага;

7 — вспомогательные знаки (см. табл. 21).

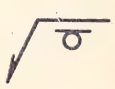
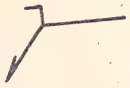
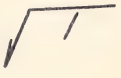
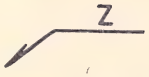
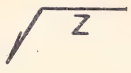
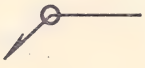
Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений приведены в табл. 23.

На рис. 436, *б* схематично показана структура условного обозначения нестандартного сварного шва в соответствии с ГОСТом 2.312—72.

Прямоугольники соответственно обозначают:

1 — вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва;

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии 60°		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3... ... 5 мм		
	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

2 — размеры:

а) для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак / или Z и размер шага;

б) для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки; знак / или Z и размер шага;

в) для шва контактной роликовой электросварки — размер расчетной ширины шва;

г) для прерывистого шва контактной роликовой электросварки — размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак / и размер шага;

3 — вспомогательные знаки.

Полностью записать условное обозначение шва сварного соединения учащийся может только после изучения специальных дисциплин и подробного ознакомления с соответствующими ГОСТами.

Если на чертеже изображено несколько одинаковых швов, то условное обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят только линии-выноски с полками. При этом всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят (рис. 438, *а*):

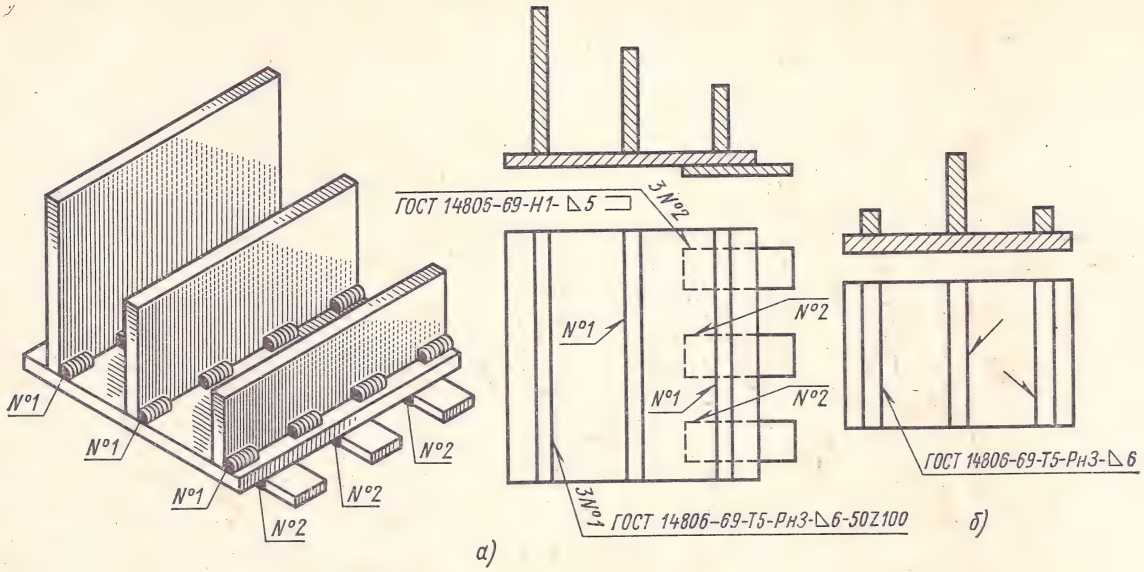


Рис. 438

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

б) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны;

в) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны.

Количество одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (см. цифры 3 на рис. 438, *а*).

Таблица 22

Условные обозначения некоторых способов сварки

Виды и способы сварки	Буквенные обозначения
Автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок, подушек и ручной подварки	А
Автоматическая сварка под флюсом с ручной подваркой с одной стороны	Ар
Электрошлаковая сварка проволочным электродом	ШЭ
Контактная точечная сварка	Кт
Контактная роликовая сварка	Кр
Контактная стыковая сварка	Кс
Сварка нагретым газом с присадкой	НГП
Ручная в защитных газах неплавящимся металлическим электродом — однофазная	РнЗ
Сварка элекрозаклепками под флюсом	ЭФЗ
в аргоне неплавящимся электродом	ЭПлЗ

Швы считают одинаковыми, если:

а) одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;

б) к ним предъявляют одинаковые требования;

в) они имеют одинаковые условные обозначения.

Если на чертеже все швы одинаковые и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной), таким швам допускается не присваивать порядковые номера. При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок (рис. 438, *б*).

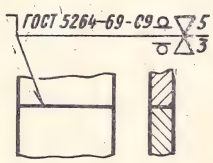
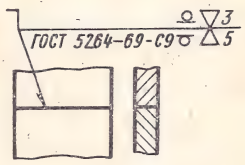
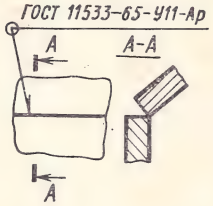
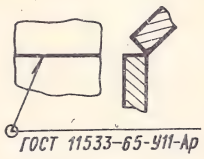
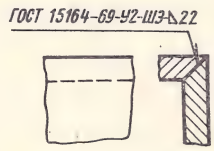
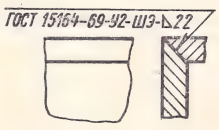
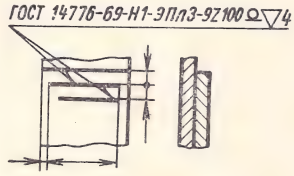
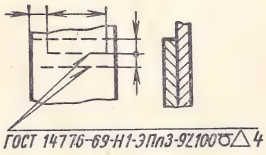
На чертежах изделий, имеющих ось симметрии, допускается отмечать швы линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

Допускается швы на чертеже не отмечать линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью их в технических требованиях, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении и расположение швов.

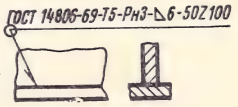
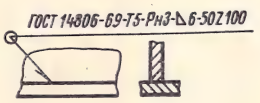
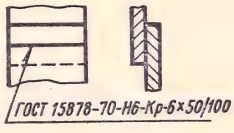
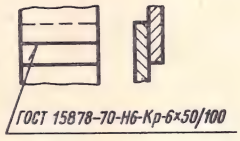
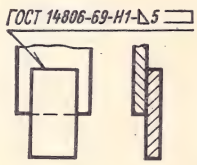
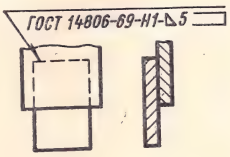
§ 9. СОЕДИНЕНИЯ ПАЙКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

Соединение деталей в нагретом состоянии с помощью легкоплавкого сплава (припоя) называется пайкой. Припой при расплавлении смачивает поверхности паяемых деталей, а при застывании соединяет их.

Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний (обозначение С9), выполняемый электродуговой ручной сваркой (ГОСТ 5264—69) при монтаже изделия (знак ⌐). Усиление шва снято с обеих сторон (знак см. в табл. 21). Шероховатость поверхностей шва: с лицевой стороны — ▽5, с оборотной стороны — ▽3			
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний (обозначение У11), выполняемый автоматической сваркой под флюсом с ручной подваркой (обозначение Ар, ГОСТ 11533—65) по замкнутой линии (знак ○)			
Шов углового соединения со скосом кромок (обозначение У2), выполняемый электрошлаковой сваркой проволочным электродом (обозначение ШЭ, ГОСТ 15164—69). Катет шва 22 мм			
Шов электрозаклепочный соединения внахлестку (обозначение Н1), выполняемый аргоно-дуговой сваркой плавящимся электродом (обозначение ЭПлЗ, ГОСТ 14776—69). Диаметр электрозаклепки 9 мм; шаг 100 мм. Расположение электрозаклепок шахматное (знак Z). Усиление шва снято. Шероховатость поверхности шва ▽4			
Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке (обозначение С2), выполняемый сваркой нагретым газом с присадкой (обозначение НГП, ГОСТ 16310—70)			

Продолжение

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний (обозначение Т5), прерывистый с шахматным расположением (знак Z), выполняемый элекродуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом (обозначение РнЗ, ГОСТ 14806—69), по замкнутой линии (знак ○). Катет шва 6 мм, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм			
Одиночные точки соединения внахлестку (обозначение Н1), выполняемые контактной точечной электросваркой (обозначение Кт, ГОСТ 15878—70). Расчетный диаметр точки 5 мм			
Шов соединения внахлестку (обозначение Н6), прерывистый (знак ⁄), выполняемый контактной роликовой электросваркой (обозначение Кр, ГОСТ 15878—70). Ширина роликового шва 6 мм; длина провариваемого участка 50 мм; шаг 100 мм			
Шов соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний (обозначение Н1), выполняемый электродуговой полуавтоматической сваркой в защитных газах плавящимся электродом (ГОСТ 14806—69). Шов по незамкнутой линии. Катет шва 5 мм			

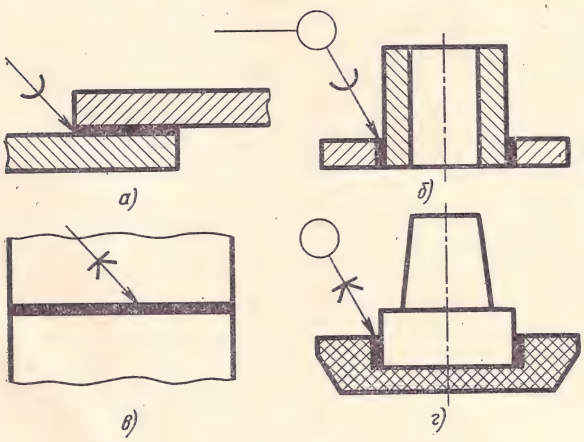


Рис. 439

Швы неразъемных соединений, получаемых пайкой или склеиванием, изображают условно по ГОСТу 2.313—68.

Припой или клей в разрезах и на видах изображают линией толщиной 2*s* (в 2 раза толще сплошной основной линии). Для обозначения пайки (рис. 439, *а* и *б*) или склеивания (рис. 439, *в* и *г*) применяют условные знаки, которые наносят на наклонном участке линии-выноски сплошной основной линией.

Швы, выполненные пайкой или склеиванием по периметру, обозначают линией-выноской, заканчивающейся окружностью диаметра 3—4 мм (см. рис. 439, *б* и *г*).

На изображении паяного соединения при необходимости указывают размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

ГЛАВА 6

ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

§ 1. ВИДЫ ПЕРЕДАЧ

Вращательное движение от одного вала к другому передается с помощью различных деталей, совокупность которых называется передачей.

В машиностроении применяются следующие виды передач: ременная, цепная, фрикционная, зубчатая, червячная, реечная и передача храповым механизмом.

При значительном расстоянии между геометрическими осями валов применяется ременная или цепная передача, при небольших межцентровых расстояниях — фрикционная или зубчатая передача.

Ременная передача с гибкой связью колес (шкивов) ремнем состоит из ведущего и ведомого шкивов. На шкивы с натяжением надет один или несколько ремней, которые передают вращение с одного шкива на другой при помощи сил трения (рис. 440).

Цепная передача состоит из ведущей и ведомой звездочек и охватывающей их цепи (рис. 441).

Фрикционная передача между параллельными валами (рис. 442, *а*) состоит из двух катков, прижимаемых друг к другу с некоторой силой. Если оси валов пересекаются, то применяют конические фрикционные катки (рис. 442, *б*). Вращение от ведущего катка к ведомому передается при помощи сил трения между ними.

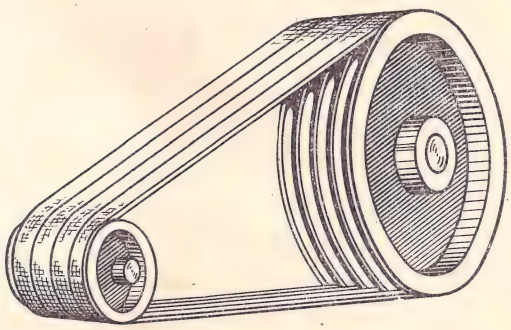


Рис. 440

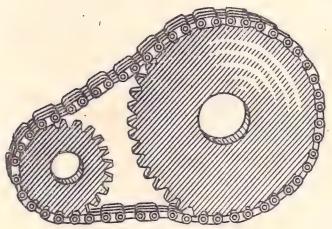


Рис. 441

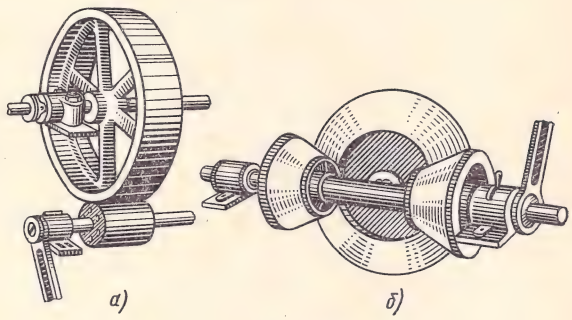


Рис. 442

Фрикционные передачи, несмотря на простоту конструкции, имеют существенные недостатки: проскальзывание катков, небольшая передаваемая мощность, необходимость специальных нажимных устройств для прижатия катков друг к другу, поэтому фрикционные передачи редко применяются в машиностроении.

Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колесами с внешним (рис. 443, *а*) или с внутренним (рис. 443, *б*) зацеплением.

При пересекающихся геометрических осях валов применяют конические зубчатые колеса (рис. 443, *в*).

Червячная передача применяется в тех случаях, когда оси валов скрещиваются. Передача состоит из червяка (винта с трапецеидальной или другой резьбой) и червячного колеса (рис. 444).

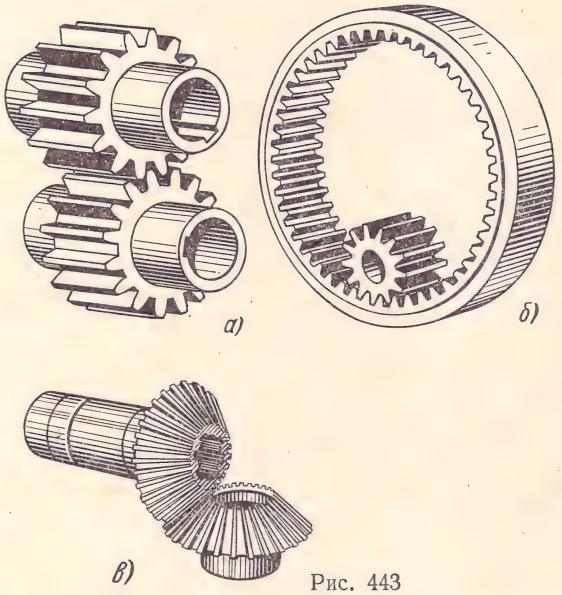


Рис. 443

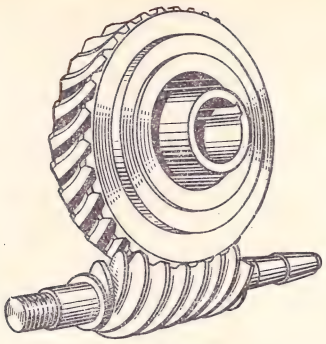


Рис. 444

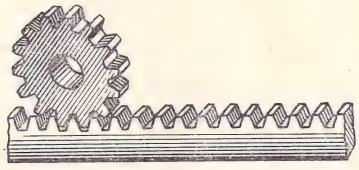


Рис. 445

Реечная передача служит для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот) и состоит из цилиндрического зубчатого колеса и зубчатой рейки (рис. 445).

Храповой механизм состоит из зубчатого колеса (храповика) и специальной детали (собачки), входящей своим концом во впадину между зубьями храповика. Этот механизм допускает вращение вала, на котором закреплен храповик, только в одном направлении, обратному вращению препятствует собачка.

Храповой механизм применяется также для сообщения валу периодического (с небольшими перерывами) вращения (рис. 446).

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Конструктивное оформление зубчатых колес весьма разнообразно. Форма и размеры колеса определяются нагрузками, действующими на его зубья, технологией изготовления, удобством монтажа и эксплуатации, а также стремлением к уменьшению массы зубчатых колес.

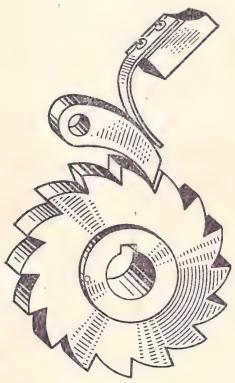


Рис. 446

Зубчатые колеса наиболее распространенных конструкций показаны на рис. 447.

Цилиндрическое зубчатое колесо малого диаметра с прямыми зубьями (параллельными оси колеса) имеет форму сплошного цилиндра с отверстием для посадки на вал (рис. 447, *а*). Такое

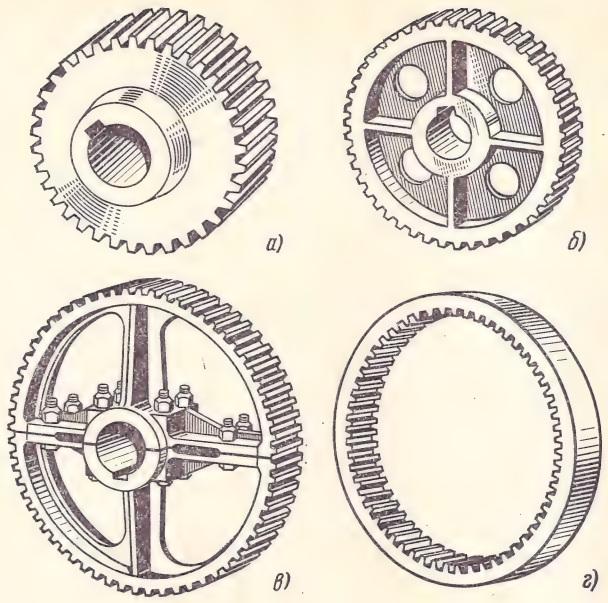


Рис. 447

колесо, называемое шестерней, в зубчатых передачах обычно бывает ведущим.

Для уменьшения массы колеса в диске выполняют отверстия, а сам диск делают более тонким, чем обод. Для придания колесу большей жесткости его усиливают ребрами (рис. 447, *б*).

Если диаметр колеса велик, диск заменяют несколькими спицами, соединяющими зубчатый венец со втулкой. Форма поперечного сечения спиц может быть круглой, овальной, прямоугольной, двутавровой, крестообразной.

Колеса большого диаметра для удобства изготовления и монтажа иногда выполняют разъемными, состоящими из двух половин, соединяемых болтами (рис. 447, *в*).

Если в конструкции необходимо применить внутреннее зацепление, то большее колесо выполняют с внутренними зубьями (рис. 447, *г*).

Для поворота вала на какой-либо заданный угол применяют зубчатый сектор (рис. 448).

Зубья колес могут быть прямыми (рис. 447), косыми (рис. 449, *а*), шевронными (рис. 449, *б*) и криволинейными (рис. 449, *в*).

Зубья цилиндрического прямозубого колеса расположены параллельно оси колеса, цилиндрического косозубого колеса — под углом к оси колеса, конического прямозубого колеса — по образующей конуса.

Рис. 448

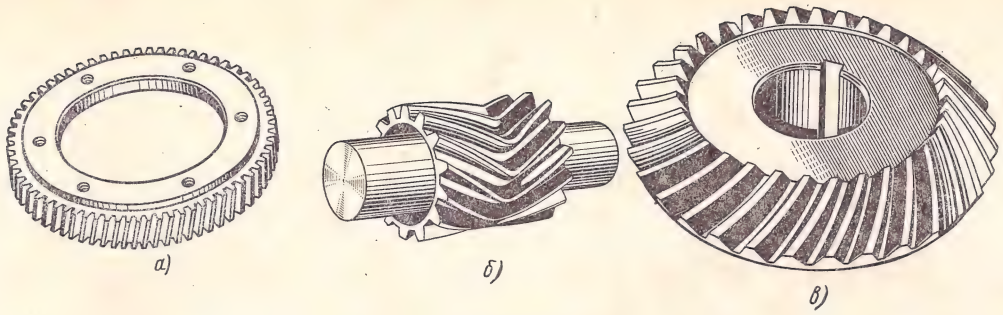


Рис. 449

Термины, определения и обозначения элементов зубчатых передач установлены ГОСТами 16530—70 и 16531—70.

Основным элементом всякого зубчатого колеса является зуб.

Делительная поверхность зубчатого колеса, которая проецируется на чертеже в делительную окружность диаметра d, определяет размеры элементов зубьев (табл. 24).

Делительная поверхность делит зуб на две неравные части — головку и ножку. Высота зуба обозначается буквой h, высота головки h_a, высота ножки h_f.

По делительной окружности измеряют шаг зубьев p, толщину зуба s и ширину впадины e.

Диаметр окружности вершин зубьев обозначают d_a, диаметр окружности впадин d_f.

Если шаг зубьев p разделить на число π, то получим основной параметр зубчатого зацепления — модуль, обозначаемый буквой m. Величина модуля измеряется в мм.

Размеры элементов зубчатых колес выражают через модуль (см. табл. 24).

Величины модулей зубчатых колес установлены ГОСТом 9563—60, в котором предусмотрены два ряда модулей (первый ряд следует предпочитать второму):

1-й ряд: . . . . . 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20 . . .

2-й ряд: . . . . . 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22;..

При конструировании зубчатой передачи конструктор рассчитывает величину модуля и подбирает ближайший больший модуль по ГОСТу 9563—60, а затем по формулам (см. табл. 24) определяет величины остальных элементов зубчатого колеса.

При изучении зубчатых зацеплений вводится понятие о начальной окружности.

Рассмотрим пару зубчатых колес, находящихся в зацеплении (рис. 450, *а*), и представим, что зубья их будут постепенно уменьшаться, изменяясь пропорционально по высоте и толщине (рис. 450, *б*). На рис. 451 показано, как происходит постепенное уменьшение одного зуба.

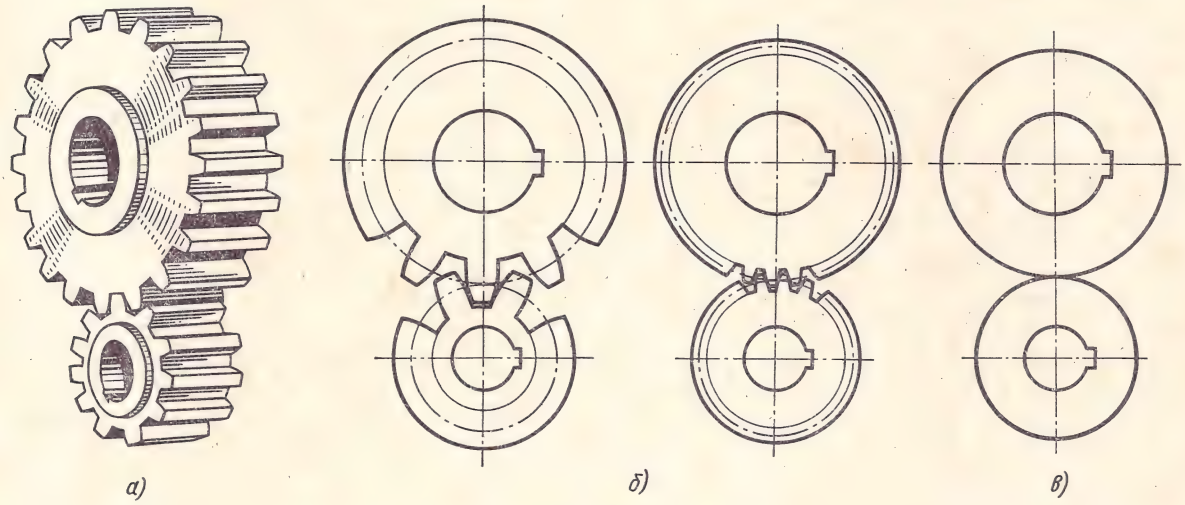
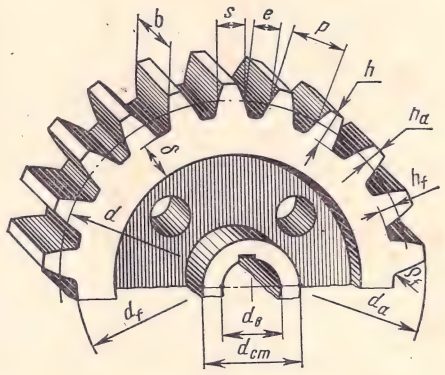


Рис. 450

Таблица 24

Основные соотношения размеров зубчатого колеса



Наименование	Обозначение	Формула
Число зубьев	z	—
Модуль	m	$m=\frac{p}{\pi}$; $m=\frac{d}{z}$
Высота зуба	h	$h=2{,}25m$
Высота головки зуба	h_a	$h_a=m$
Высота ножки зуба	h_f	$h_f=1{,}25m$
Диаметр делительной окружности	d	$d=mz$
Диаметр окружности выступов	d_a	$d_a=d+2h_a$
Диаметр окружности впадин	d_f	$d_f=d-2h_f$
Шаг зубьев	p	$p=\pi m$
Толщина зуба	s	$s=0{,}5p$
Ширина впадины	e	$e=0{,}5p$
Радиус кривизны	ρ_f	$\rho_f\approx(0{,}2\div0{,}4)m$
Ширина венца зубчатого колеса (длина зуба)	b	$b\approx(6\div8)m$
Диаметр отверстия (для вала)	$d_в$	По ГОСТу 6636—69
Диаметр ступицы	$d_{ст}$	$d_{ст}\approx(1{,}6\div2)d_в$
Размер шпоночного паза	$b\times t_1$	По ГОСТу 8788—68
Длина ступицы	$L_{ст}$	$L_{ст}\approx1{,}5d_в$
Толщина обода	δ	$\delta\approx(2{,}5\div4)m$
Толщина диска	c	$c\approx(0{,}3\div0{,}5)p$

При уменьшении зубьев до бесконечно малой величины зубчатые колеса превратятся в гладкие цилиндры, которые будут перекатываться один по другому без скольжения (рис. 450, *в*). Эти цилиндры называются начальными (рис. 452) и проецируются на плоскость чертежа в начальные окружности, диаметр которых обозначают d_w.

В нормальном эвольвентном зацеплении делительные и начальные окружности совпадают, т. е. $d=d_w$.

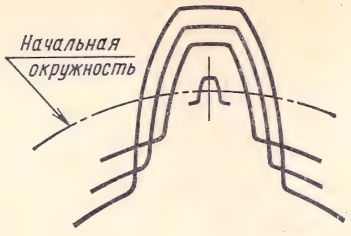


Рис. 451

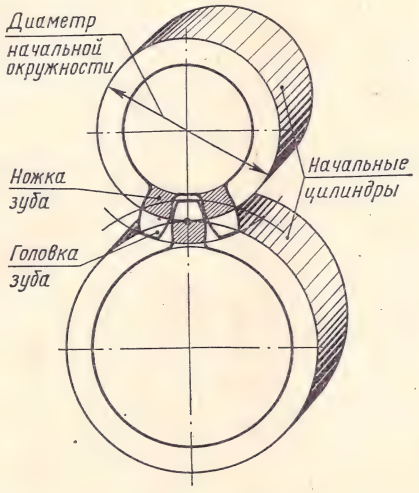


Рис. 452

Условные изображения зубчатых колес на чертежах установлены ГОСТом 2.402—68.

Окружности вершин зубьев показывают сплошными основными линиями, окружности впадин — сплошными тонкими линиями. Делительные и начальные окружности показывают штрихпунктирными линиями.

На чертежах зучатых передач показывают начальные окружности, а на чертежах зубчатых колес — делительные окружности (см. ГОСТ 2.402—68).

§ 3. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ КОНТУРА ЗУБА НОРМАЛЬНОГО ЭВОЛЬВЕНТНОГО ПРОФИЛЯ

Зубья шестерен и колес нарезают на металлорежущих станках двумя основными методами: методом копирования и методом огибания (обкатки).

Метод копирования состоит в том, что фасонной (модульной) пальцевой (рис. 453, *а*) или дисковой (рис. 453, *б*) фрезой вырезаются впадины между зубьями на заготовке колеса.

При методе обкатки сопрягаются как бы два колеса: одно колесо — заготовка, другое — зуборезный инструмент (долбяк), напоминающий шестерню с острыми (режущими) кромками зубьев (рис. 453, *в*), или гребенка, напоминающая

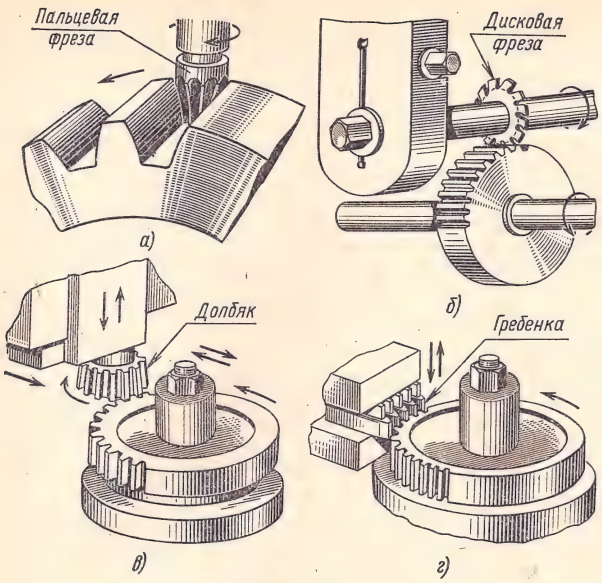


Рис. 453

зубчатую рейку (рис. 453, *г*). Метод обкатки более производителен.

Если при нарезании зубьев цилиндрического колеса начальная окружность модульной фрезы (при методе копирования) или долбяка (при методе обкатки) будет касаться начальной окружности нарезаемого колеса, то профиль зубьев будет очерчен по эвольвенте.

Построение профиля зуба нормального эвольвентного зацепления выполняется на чертежах в тех случаях, когда нужно изготовить зуборезные фрезы или шаблоны для проверки профиля зуба.

В этих случаях построение проводится в крупном масштабе (10 : 1, 20 : 1).

Рассмотрим пример построения профиля зуба.

Дано: модуль m в мм и число зубьев колеса z. Требуется построить профиль зуба.

1) Подсчитываем диаметр начальной окружности

$$d_w = d = mz.$$

2) Через намеченную точку O проводим две взаимно перпендикулярные оси; вертикальная ось соединяет центры зубчатых колес (рис. 454, *а*).

3) Из центра O описываем начальную окружность диаметром d_w.

4) Через полюс зацепления P (точку пересечения начальной окружности с вертикальной осью) проводим касательную к начальной окружности.

5) Через точку P проводим под углом $\alpha = 20°$ к касательной прямую линию — линию зацепления. Угол $\alpha = 20°$ называется углом зацепления.

На линии зацепления будут расположены все точки касания зубьев колес.

6) Из центра O опускаем на линию зацепления перпендикуляр с основанием в точке B.

7) Проводим из центра O радиусом, равным длине перпендикуляра OB, дугу основной окружности. Если по основной окружности перекатывать без скольжения прямую линию зацепления PB, то точка P опишет кривую линию — эвольвенту профиля зуба.

8) Для нахождения точек эвольвенты влево и вправо от точки B на дуге основной окружности откладывают произвольное количество отрезков (хорд) одинаковой длины (например, по 5 мм). Концы этих отрезков нумеруют следующим обра-

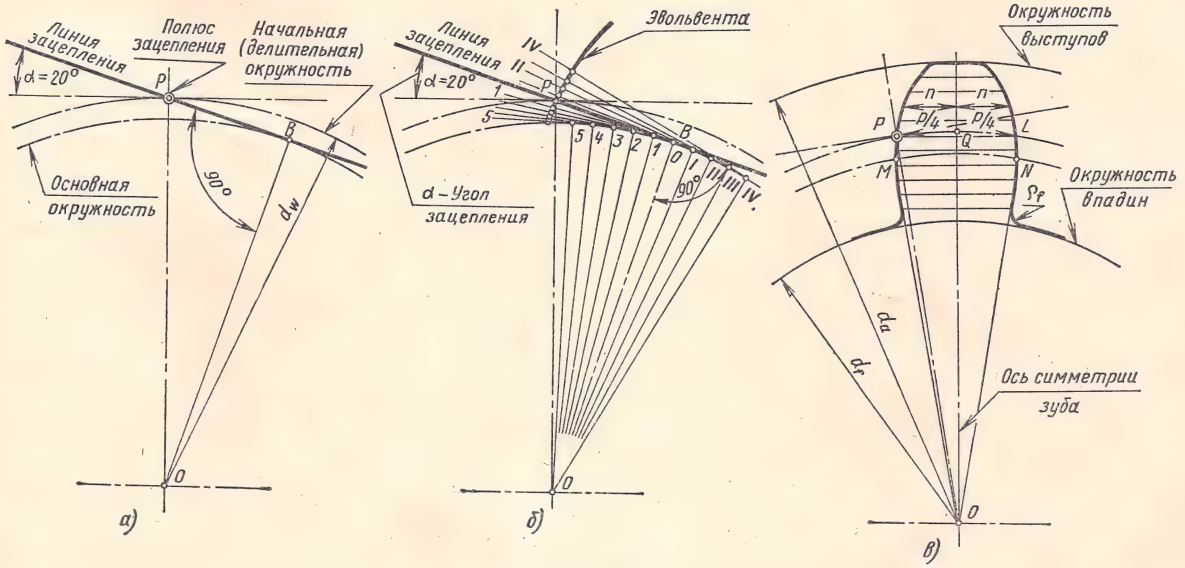


Рис. 454

зом: влево от точки B — *1*, *2*, *3*,... ; вправо от точки B — *I*, *II*, *III*, ... (рис. 454, *б*).

9) Через концы этих отрезков и центр O проводят радиусы и касательные, перпендикулярные к этим радиусам.

10) На касательных, проведенных из точек *1*, *2*, *3*..., откладываем отрезки, равные отрезку PB, уменьшенному на число делений основной окружности, равное номеру точки касания. Например, от точки *5* по касательной влево откладывают отрезок PB минус пять отрезков делений дуги основной окружности; от точки *2* влево по касательной откладывают отрезок PB минус два отрезка делений и т. д. На касательных, проведенных из точек *I*, *II*, *III*..., откладывают отрезки, равные отрезку PB, увеличенному на соответствующее количество отрезков делений.

11) Концы отрезков, отложенных на касательных, являются точками звольвенты. Соединяя эти точки плавной кривой, получаем эвольвенту профиля зуба.

12) От полюса P по начальной окружности откладывают дугу PQ, равную четверти шага:

$$PQ = \frac{p}{4} = \frac{\pi m}{4}.$$

13) Через центр O и точку Q проводят ось симметрии зуба OQ.

14) С правой стороны от оси симметрии OQ вычерчивают вторую эвольвенту профиля зуба (рис. 454, *в*). Для этой цели проводят несколько произвольных тонких линий, перпендикулярных к оси симметрии, и откладывают на них вправо отрезки, равные длине отрезков от построенной эвольвенты до оси симметрии (например, отрезки, равные n).

15) Из центра O проводят окружность вершин диаметром d_a:

$$d_a = d + 2h_a = d + 2\,m$$

и окружность впадин диаметром d_f:

$$d_f = d - 2h_f = d - 2{,}5\,m.$$

16) Через точки M и N пересечения эвольвент профиля с основной окружностью проводят две радиальные прямые MO и NO.

17) Контур основания ножки зуба сопрягается с окружностью впадин дугой радиуса кривизны ρ_f:

$$\rho_f = (0{,}2 \div 0{,}4)\,m.$$

С целью повышения прочности и износоустойчивости зубчатых колес, особенно при малых числах зубьев, применяют **корригирование** зубчатого зацепления.

При нарезании шестерен с малым числом зубьев (например, $z = 6$, 8, 10, 12) методом обкатки профиль зуба у его основания (ножки) получается неэвольвентным с небольшим радиусом кривизны, что приводит к быстрому изнашиванию зуба. Толщина ножки зуба такой шестерни меньше нормальной, поэтому зуб в этом месте получается непрочным (подрезанным).

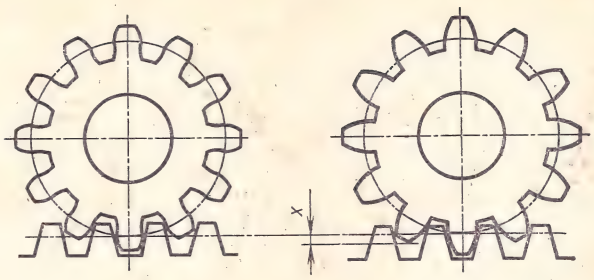


Рис. 455

Подрезание зуба и изнашивание его можно уменьшить, если при зубонарезании несколько сдвинуть от центра колеса по радиусу зуборезный инструмент (долбяк или гребенку) на некоторую величину x в мм (рис. 455):

$$x = \zeta m,$$

где $\zeta = \frac{14 - z}{14}$.

Величина ζ называется коэффициентом смещения исходного контура в долях модуля.

Этот процесс называется корригированием (исправлением) профиля зуба.

В корригированном зацеплении делительные и начальные окружности колес не совпадают. Высота головки зуба шестерни получается больше модуля, высота ножки уменьшается (см. рис.455). У зуба парного колеса, наоборот, головка получается меньшей высоты, ножка — большей.

§ 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПРЯМОЗУБОГО КОЛЕСА

Вычерчивание зубчатого колеса сопровождается расчетами размеров основных элементов колеса. Формулы для этих расчетов были приведены в табл. 24.

Для расчета и вычерчивания зубчатого колеса (рис. 456) должны быть заданы модуль, число зубьев и диаметр вала. Пусть, например, дано:

модуль $m = 2{,}5$ мм;

число зубьев $z = 30$;

диаметр вала $d_в = 20$ мм.

Расчет элементов и вычерчивание зубчатого колеса выполняют в следующем порядке.

1) Находят диаметр делительной окружности

$$d = mz = 2{,}5 \cdot 30 = 75\ мм.$$

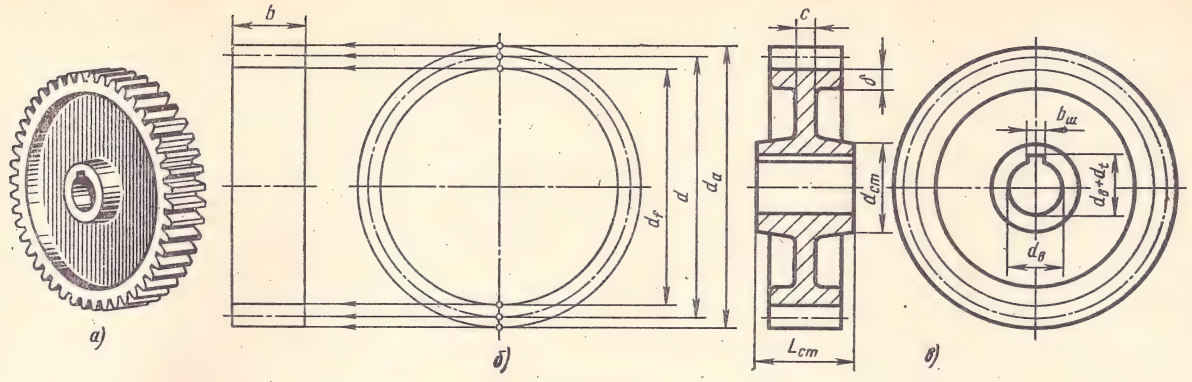


Рис. 456

2) Определяют диаметр окружности вершин зубьев

$$d_a = d + 2h_a.$$

В нормальном (некорригированном) эвольвентном зацеплении высота головки зуба $h_a = m$, тогда

$$d_a = 75 + 2 \cdot 2{,}5 = 80 \text{ мм}.$$

3) Определяют диаметр окружности впадин зубьев

$$d_f = d - 2h_f.$$

Высота ножки зуба

$$h_f = 1{,}25m = 1{,}25 \cdot 2{,}5 = 3{,}125 \text{ мм}.$$

Следовательно,

$$d_f = 75 - 2 \cdot 3{,}125 = 68{,}75 \text{ мм}.$$

4) Выполнив первоначальные расчеты, вычерчивают вид колеса слева, проводя три концентрические окружности (рис. 456, *б*): окружность вершин диаметра $d_a = 80$ мм, делительную $d = 75$ мм и окружность впадин $d_f = 68{,}75$ мм.

При построении фронтального разреза колеса, проводя линии связи, находят границы зуба.

5) Определяют остальные параметры зубчатого колеса:

а) ширину венца $b = (6 \div 8)\, m$. Для стального венца принимаем коэффициент, равный 6, тогда

$$b = 6m = 6 \cdot 2{,}5 = 15 \text{ мм};$$

б) толщину обода венца колеса $\delta = (2{,}5 \div 4)\, m$;

для стального колеса принимаем коэффициент, равный 2,5, тогда

$$\delta = 2{,}5m = 2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25 \text{ мм};$$

в) толщину диска, соединяющего венец со ступицей колеса:

$$c = 0{,}5p = 0{,}5\pi m; \quad c = 0{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5 = 3{,}925 \text{ мм}.$$

Полученный результат округляют до $c = 4$ мм;

г) диаметр ступицы колеса $d_{ст} = (1{,}6 \div 2)\, d_в$.

Для обработанного стального колеса принимаем коэффициент, равный 1,6, тогда

$$d_{ст} = 1{,}6d_в = 1{,}6 \cdot 20 = 32 \text{ мм};$$

д) длину ступицы колеса

$$L_{ст} = 1{,}5d_в = 1{,}5 \cdot 20 = 30 \text{ мм};$$

е) размеры шпоночного паза $b_ш$ и $d_в + t_1$, определяемые в зависимости от диаметра вала $d_в$ по табл. 17. Для вала диаметром 20 мм по этой таблице находим $b_ш = 6$ мм и $t_1 = 2{,}8$ мм, тогда

$$d_в + t_1 = 20 + 2{,}8 = 22{,}8 \text{ мм}.$$

6) Определив размеры элементов колеса, вычерчиваем фронтальный разрез и вид слева (рис. 456, *в*).

7) Удалив линии построения, обводим полученное изображение зубчатого колеса в соответствии с ГОСТом 2.402—68: окружность вершин зубьев — сплошной основной линией, делительную окружность — штрихпунктирной тонкой, окружность впадин — сплошной тонкой линией.

При вычерчивании цилиндрического прямозубого колеса с натуры для определения его параметров необходимо подсчитать количество зубьев z и измерить штангенциркулем диаметр окружности вершин d_a (рис. 457).

Если колесо имеет нечетное число зубьев или большой диаметр, штангенциркулем замеряют диаметр отверстия $d_в$ и расстояние n (рис. 458). В этом случае d_a и m определяют по формулам:

$$d_a = 2\,(0{,}5d_в + n);$$

$$m = \frac{d_a}{z+2}.$$

Полученное значение модуля округляют по ГОСТу 9563—60 (см. стр. 221).

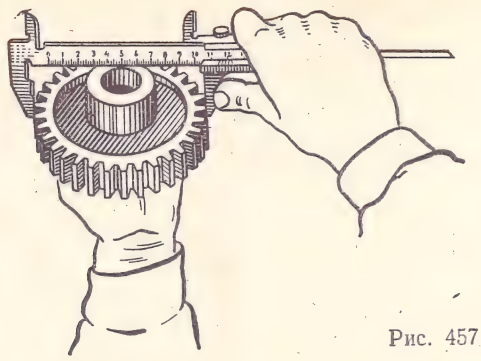


Рис. 457

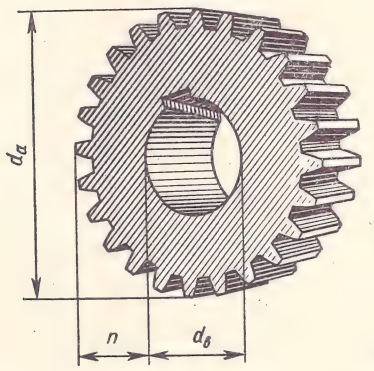


Рис. 458

После подсчета модуля m и диаметров d и d_f измеряют ширину венца колеса b, толщину обода δ, диаметр отверстия в ступице $d_в$, диаметр ступицы $d_{ст}$, длину ступицы $L_{ст}$, размеры шпоночного паза $b_ш$ и t_1.

Чертеж зубчатого колеса выполняют в порядке, описанном выше.

§ 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖА КОНИЧЕСКОГО ПРЯМОЗУБОГО КОЛЕСА

Чертеж конического прямозубого колеса (рис. 459, *а*) выполняют в основном в той же последовательности, что и чертеж цилиндрического колеса. Размеры элементов конического колеса рассчитывают по тем же формулам, что и для цилиндрического колеса (см. табл. 24).

Диаметры конического колеса, а также размеры высоты головки и ножки зуба переменные, поэтому за диаметр делительной окружности d принимают его наибольшее значение (рис. 459). В расчетах конических колес принимают максимальное (наибольшее) значение модуля.

Дополнительные размеры конического прямозубого колеса, характеризующие его форму, следующие:

1) угол делительного конуса φ (угол между осью колеса и образующей делительной конической поверхности, рис. 459, *б*), который находим из прямоугольного треугольника EDC:

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{ED}{EC} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1},$$

где r_1 и d_1 — радиус и диаметр делительной окружности шестерни;

r_2 и d_2 — радиус и диаметр делительной окружности колеса.

Взаимосвязь размеров зубчатого колеса и шестерни наглядно показаны на рис. 476.

2) угол конуса вершин φ_a (угол между осью колеса и образующей конической поверхности вершин зубьев): $\varphi_{a'} = \varphi + \gamma_a$, где угол $\gamma_a = \angle ACD$.

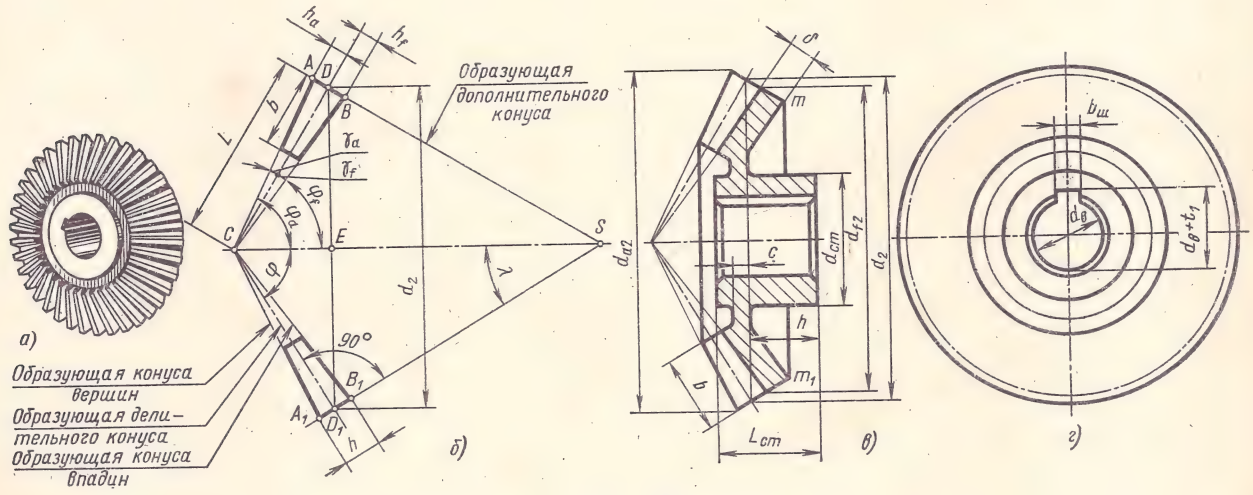


Рис. 459

Из прямоугольного треугольника ACD

$$\operatorname{tg}\gamma_a = \frac{AD}{CD} = \frac{h_a}{L} = \frac{m}{\sqrt{(0{,}5d_1)^2 + (0{,}5d_2)^2}};$$

3) угол конуса впадин φ_f (угол между осью колеса и образующей конической поверхности впадин зубьев):

$$\varphi_f = \varphi - \gamma_f,$$

где угол $\gamma_f = \angle DCB$.

Из прямоугольного треугольника DCB

$$\operatorname{tg}\gamma_f = \frac{DB}{CD} = \frac{h_f}{L} = \frac{1{,}25m}{\sqrt{(0{,}5d_1)^2 + (0{,}5d_2)^2}};$$

4) угол внешнего дополнительного конуса

$$\lambda = 90^\circ - \varphi.$$

Приведем пример расчета и вычерчивания конического прямозубого колеса. Пусть, например, дано:

модуль $m = 2{,}5$ мм;
число зубьев шестерни $z_1 = 20$;
число зубьев колеса $z_2 = 60$;
диаметр вала $d_в = 15$ мм.

Расчет элементов и вычерчивание конического зубчатого колеса выполняют в следующем порядке.

1. Определяют основные параметры колеса:

а) диаметр делительной окружности вычерчиваемого колеса

$$d_2 = mz_2 = 2{,}5 \cdot 60 = 150 \text{ мм};$$

б) высоту головки зуба

$$h_a = m = 2{,}5 \text{ мм};$$

в) высоту ножки зуба

$$h_f = 1{,}25m = 1{,}25 \cdot 2{,}5 = 3{,}125 \text{ мм};$$

г) диаметр делительной окружности шестерни

$$d_1 = mz_1 = 2{,}5 \cdot 20 = 50 \text{ мм};$$

д) длину образующей делительного конуса (рис. 459, *б*)

$$L = CD = \sqrt{EC^2 + ED^2} = \sqrt{(0{,}5d_1)^2 + (0{,}5d_2)^2} = \\ = \sqrt{(0{,}5 \cdot 50)^2 + (0{,}5 \cdot 150)^2} = 79{,}1 \text{ мм}.$$

2. Вычерчивание начинают с главного изображения колеса (фронтального разреза), где откладывают по его оси отрезок $EC = 0{,}5d_1 = 0{,}5 \cdot 50 = 25$ мм и перпендикулярно к нему вверх и вниз отрезки $ED = ED_1 = 0{,}5d_2 = 0{,}5 \cdot 150 = 75$ мм.

Точки D и D_1 соединяем с вершиной делительного конуса C отрезками DC и D_1C, которые являются образующими делительного конуса.

В точках D и D_1 к образующим делительного конуса восставим перпендикуляры, на которых отложим высоту головки зуба $h_a = DA = 2{,}5$ мм и высоту ножки зуба $h_f = DB = 3{,}125$ мм.

Точки A, B и A_1, B_1 соединим прямыми — образующими конусов вершин и впадин зубьев — с вершиной C.

От точки D по образующей делительного конуса в сторону вершины C отложим длину зуба b, которую подсчитаем по формуле (см. табл. 24)

$$b = (6 \div 8)\, m.$$

Приняв для стального колеса коэффициент, равный 6, получим $b = 6 \cdot 2{,}5 = 15$ мм.

Восставим в точке D перпендикуляр к образующей делительного конуса, который при пересечении его с осью колеса образует вершину S дополнительного конуса.

3. Далее определяем (рис. 459, *в*):

а) толщину обода венца

$$\delta = (2{,}5 \div 4)\, m.$$

Для стального колеса принимаем коэффициент, равный 2,5, тогда $\delta = 2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25$ мм; полученные точки m и m_1 соединяем прямой.

б) толщину диска

$$c = 0{,}5\pi m = 0{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5 = 3{,}925.$$

Полученный результат округляют до $c = 4$ мм.

4. Вправо от диска колеса откладываем размер

$$h \approx L_{ст} - c - (2 \div 5) \text{ мм},$$

где длина ступицы колеса

$$L_{ст} = 1{,}5d_в \approx 1{,}5 \cdot 15 = 22{,}5 \text{ мм}.$$

Тогда $h = 22{,}5 - 4 - 3 = 15{,}5$ мм.

5. Определяем диаметр ступицы

$$d_{ст} = (1{,}6 \div 2)\, d_в = 1{,}6 \cdot 15 = 24 \text{ мм}.$$

6. Вычерчиваем в ступице отверстие диаметра $d_в = 15$ мм (рис. 459, *г*).

Для вала диаметром 15 мм по ГОСТу 8788—68 (см. табл. 17) находим ширину шпоночного паза $b_ш = 5$ мм и расстояние $t_1 = 2{,}3$ мм. Тогда $d_в + t_1 = 15 + 2{,}3 = 17{,}3$ мм.

7. Строим вид колеса слева, где условно согласно ГОСТу 2.402—68 показываем не все окружности зубчатого венца, а только две: окружность вершин зубьев — сплошной основной линией и делительную окружность — штрихпунктирной тонкой линией (рис. 459, *г*).

При вычерчивании конического колеса с натуры в первую очередь надо измерить угол внешнего дополнительного конуса λ при помощи угломера (рис. 460). Такое измерение выполняют при

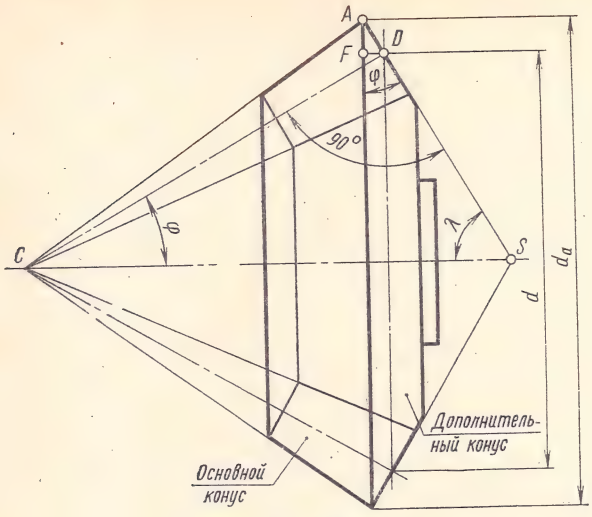


Рис. 460

условии, если образующая контура дополнительного конуса SA перпендикулярна DC.

Затем подсчитывают угол делительного конуса

$$\varphi = 90° - \lambda.$$

Измерив штангенциркулем наибольший диаметр окружности вершин зубьев d_a и подсчитав число зубьев z, определяем модуль m.

Для определения величины модуля рассмотрим прямоугольный треугольник ADF на рис. 460. Гипотенуза AD равна высоте головки зуба h_a, которая в нормальном эвольвентном зацеплении равна модулю m. Катет AF равен разности радиусов окружности вершин и делительной окружности:

$$AF = \frac{d_a - d}{2}.$$

Угол DAF равен углу φ (углы с соответственно перпендикулярными сторонами), тогда

$$AF = AD \cos\varphi = m\cos\varphi = \frac{d_a - d}{2},$$

но $d = mz$, следовательно,

$$m\cos\varphi = \frac{d_a - mz}{2},$$

откуда

$$m = \frac{d_a}{z + 2\cos\varphi}.$$

Округлив полученное значение m по ГОСТу 9563—60, подсчитываем диаметр делительной окружности $d = mz$.

Замеряем длину зуба b и остальные элементы конического зубчатого колеса, после чего приступаем к его вычерчиванию.

§ 6. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЧЕРВЯКА

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса (рис. 461).

По форме делительной поверхности червяка различают передачи с цилиндрическим червяком, делительная поверхность которого представляет собой цилиндр, и передачи с глобоидным червяком, делительная поверхность которого представляет собой глобоид (поверхность, образованная вращением дуги окружности вокруг оси червяка), см. ГОСТы 2.406—68 и 2.407—68.

В зависимости от вида винтовой поверхности цилиндрические червяки разделяются на архимедовы, эвольвентные и конволютные.

Профиль осевого сечения архимедова червяка — равносторонняя трапеция с углом между наклонными сторонами $2\alpha = 40°$ (рис. 462). Контур поперечного сечения этого червяка — архимедова спираль, поэтому он и называется архимедов. Ввиду простоты изготовления эти червяки наиболее распространены.

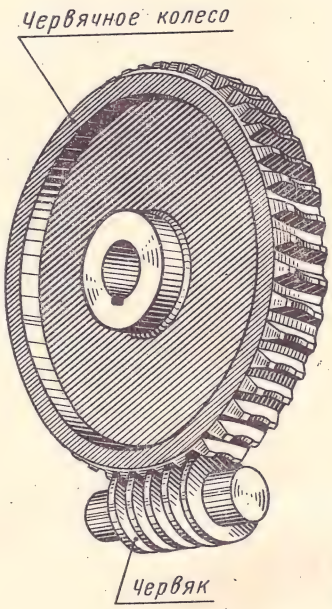


Рис. 461

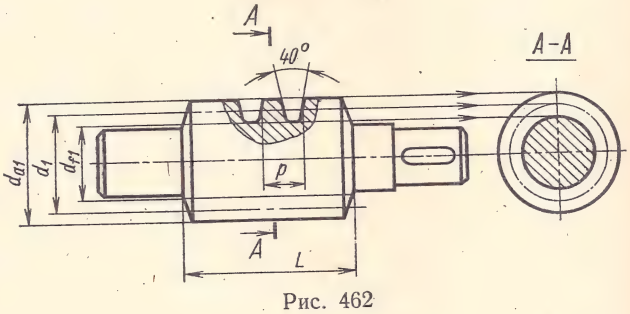


Рис. 462

Червяк изготовляется заодно с валом, так как разница в диаметре вала и диаметре впадины червяка в большинстве случаев невелика. В передаче червяк обычно бывает ведущим.

Червяки различаются по направлению винтовой линии (правые и левые) и по числу заходов.

Расстояние вдоль оси червяка между двумя смежными выступами витков называется осевым шагом p_x.

Осевой шаг p_x определяется по формуле

$$p_x = \pi m_x,$$

где m_x — осевой модуль.

Ход винтовой линии червяка $p_в$ (расстояние вдоль оси между двумя смежными точками винтовой линии), как и для любого многозаходного винта, подсчитывается по формуле

$$p_в = p_x z_1,$$

где z_1 — число заходов червяка.

Диаметр делительной окружности червяка

$$d_1 = q m_x,$$

где q — коэффициент, показывающий, сколько модулей содержится в диаметре делительной окружности червяка, т. е.

$$q = \frac{d_1}{m_x}.$$

Величину коэффициента q выбирают по ГОСТу 2144—66 в зависимости от заданной величины осевого модуля:

m_x	q	m_x	q
1	16	6	9; 10
1,5	14; 16	7	9; 10; 12
2	10; 12; 16	8	8; 9; 10; 12
2,5	10; 12; 16	10	8; 10; 12
3	10; 12	12	8; 10
3,5	12; 14	14	10
4	9; 10; 12; 16	16	8; 9
5	9; 12; 16	20	8

Диаметр окружности вершин червяка

$$d_{a1} = d_1 + 2m_x.$$

Диаметр окружности впадин червяка

$$d_{f1} = d_1 - 2{,}4m_x$$

(для червяка и червячного колеса высоту ножки зуба принимают $h_f = 1{,}2m_x$).

Длину нарезанной части червяка (по образующей цилиндра впадин) подсчитывают по формуле

$$L \approx \left(11 + \frac{z_2}{12}\right) m_x,$$

где z_2 — число зубьев червячного колеса; числа 11 и 12 — постоянные коэффициенты.

Для вычерчивания червяка необходимы данные, которые рассчитываются конструктором, например:

осевой модуль $m_x = 6$ мм;

число заходов червяка $z_1 = 2$;

число зубьев колеса $z_2 = 40$;

направление винтовой линии — правое;

коэффициент $q = 9$ (выбран по ГОСТу 2144—66).

Подсчитываем диаметры d_1, d_{a1} и d_{f1}:

$$d_1 = q m_x = 9 \cdot 6 = 54 \text{ мм};$$
$$d_{a1} = d_1 + 2m_x = 54 + 2 \cdot 6 = 66 \text{ мм};$$
$$d_{f1} = d_1 - 2{,}4m_x = 54 - 2{,}4 \cdot 6 = 39{,}6 \text{ мм}.$$

Длина нарезанной части червяка

$$L = \left(11 + \frac{z_2}{12}\right) m_x = \left(11 + \frac{40}{12}\right) \cdot 6 \approx 86 \text{ мм}.$$

По данным и рассчитанным размерам вычерчивают главный вид червяка с местным разрезом. Образующие цилиндра впадин изображают сплошными тонкими линиями (рис. 462).

На поперечном разрезе в соответствии с ГОСТом 2.406—68 условно заштриховывают только сечение стержня червяка; сечение винтового выступа не заштриховывают.

§ 7. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ЧЕРВЯЧНОГО КОЛЕСА

Расчет и вычерчивание червячного колеса связаны с размерами червяка.

Для вычерчивания червячного колеса необходимы следующие данные:

осевой модуль m_x;

число зубьев колеса z_2;

число заходов червяка, сопряженного с колесом, z_1;

направление винтовой линии червяка — правое или левое;

коэффициент q (число модулей в диаметре делительной окружности червяка);

диаметр вала $d_в$.

Допустим, что заданы следующие параметры: $m_x = 6$ мм; $z_2 = 40$; $z_1 = 2$; $q = 9$; направление винтовой линии — правое.

Предварительно подсчитывают размеры элементов колеса:

диаметр делительной окружности червячного колеса (в средней плоскости, перпендикулярной его оси)

$$d_2 = m_x z_2 = 6 \cdot 40 = 240 \text{ мм};$$

высота головки зуба

$$h_a = m_x = 6 \text{ мм};$$

высота ножки зуба

$$h_f = 1{,}2m_x = 1{,}2 \cdot 6 = 7{,}2 \text{ мм};$$

диаметр делительного цилиндра червяка

$$d_1 = qm_x = 9 \cdot 6 = 54 \text{ мм}.$$

Угол охвата 2γ (рис. 463) подсчитывают по формуле

$$\sin\gamma = \frac{b}{d_{a1} - 0{,}5m_x},$$

где b — ширина венца колеса, $b = 0{,}75d_{a1}$;

d_{a1} — диаметр окружности червяка, $d_{a1} = d_1 + 2m_x$.

В нашем примере

$$d_{a1} = 54 + 2 \cdot 6 = 66 \text{ мм};$$

$$b = 0{,}75 \cdot 66 = 49{,}5 \text{ мм};$$

$$\sin\gamma = \frac{49{,}5}{66 - 0{,}5 \cdot 6} = 0{,}7857 \text{ мм}.$$

По таблице тригонометрических функций определяем угол $\gamma = 51°47'$; $2\gamma = 103°34'$.

Остальные размеры колеса и его ступицы рассчитывают, пользуясь табл. 24.

По размерам, полученным в результате расчетов, вычерчивают два изображения колеса: фронтальный разрез и вид слева.

Ось колеса на главном изображении (фронтальном разрезе) располагают горизонтально (рис. 463, *б*).

На главном изображении (фронтальном разрезе) тонкими линиями наносим осевую горизонтальную линию отверстия для вала колеса и вертикальную осевую линию симметрии колеса, на которой будет располагаться центр червяка.

От центра колеса откладываем расстояние между центрами колеса и червяка (межосевое расстояние), которое определяется по формуле

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

В нашем примере

$$a_w = \frac{54 + 240}{2} = 147 \text{ мм}.$$

Центр червяка, сопряженного с колесом, находится в точке O.

Из точки O и симметричной ей точки O_1 проводим окружности диаметра $d_1 = 54$ мм. Из точки *1* вниз откладываем высоту головки зуба червячного колеса $h_a = 6$ мм и получаем точку *2*. Из точки *1* вверх откладываем высоту ножки зуба червячного колеса $h_f = 7{,}2$ мм и получаем точку *3*. Через точки *2* и *3* проводим дуги, которые представляют собой контуры вершины и впадины зуба червячного колеса.

Из центров O и O_1 под углом $2\gamma = 103°34'$ проводим два радиуса, ограничивающие ширину венца колеса.

От контура впадины зуба по направлению радиуса колеса откладываем толщину обода δ.

Вычерчиваем ступицу колеса с отверстием для вала и шпоночным пазом.

Вид слева вычерчивают в соответствии с ГОСТом 2.402—68, которым предусмотрена условность при изображении венца червячного колеса (рис. 463, *б*). На виде слева вычерчивают только две окружности зубчатого венца — делительную и наибольшую окружность вершин зубьев. Окружность впадин не показывают.

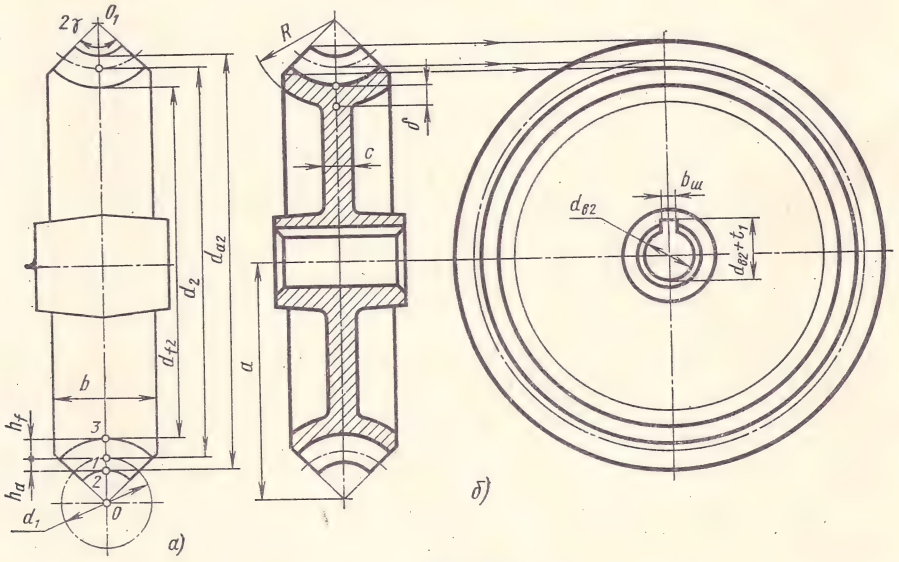


Рис. 463

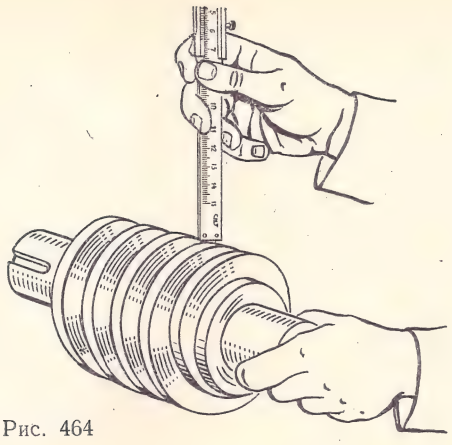


Рис. 464

При вычерчивании червячного колеса и червяка с натуры подсчитывают число зубьев колеса z_2 и измеряют штангенциркулем наименьший диаметр окружности вершин d_{a2} червячного колеса.

Затем подсчитывают осевой модуль m_x. Для нормального эвольвентного зацепления осевой модуль подсчитывают по формуле

$$m_x = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2}.$$

Можно измерить глубиномером высоту h винтового выступа червяка, которая равна высоте зуба червячного колеса (рис. 464).

Так как высота зуба

$$h = 2{,}2m_x,$$

то осевой модуль

$$m_x = \frac{h}{2{,}2}.$$

Последующие расчеты и порядок вычерчивания червячного колеса и червяка описаны выше.

§ 8. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В машиностроении применяются зубчатые колеса различных конструкций (см. рис. 447 и 449). Зубчатые колеса изготовляют из разных материалов — чугуна, стали, пластмассы и др.

Последовательность выполнения рабочих чертежей зубчатых колес и червяков не зависит от их формы и материала, из которого они изготовлены.

На рабочем чертеже зубчатого колеса или червяка должно быть изображение колеса или червяка, таблица параметров, технические требования и основная надпись.

На изображении колеса должны быть нанесены необходимые размеры, предельные отклонения, обозначения посадок, отклонения формы и расположения поверхностей, знаки шероховатости.

В технических требованиях указывают, какие свойства должна иметь деталь после термической обработки, справочные размеры, размеры и предельные отклонения, не указанные на чертеже, и др.

В правом верхнем углу чертежа помещают таблицу параметров. Размеры этой таблицы установлены соответствующими ГОСТами (см. ГОСТ 2.403—68 и др.).

Таблица параметров состоит из трех частей, которые разделяют сплошными основными линиями:

первая часть — основные данные (для изготовления);

вторая часть — данные для контроля;

третья часть — справочные данные.

В учебных чертежах обычно заполняют только первую часть таблицы. Полное заполнение таблицы параметров возможно только на старших курсах техникума.

Рабочий чертеж цилиндрического зубчатого колеса представлен на рис. 465.

На изображении цилиндрического зубчатого колеса в соответствии с ГОСТом 2.403—68 указаны:

а) диаметр окружности вершин;

б) ширина зубчатого венца;

в) размеры фасок на торцовых кромках цилиндра вершин;

г) шероховатость боковой поверхности зубьев, поверхности вершин и поверхности впадин.

Остальные размеры проставляют в зависимости от конструкции зубчатого колеса.

На рис. 465 проставлен диаметр окружности вершин $\phi 88_{-0{,}06}$ и указано предельное значение радиального биения окружности вершин относительно оси отверстия 0,045 мм.

На изображении отверстия в ступице нанесены размеры шпоночного паза и предельные отклонения, установленные ГОСТом 7227—58.

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев колеса условно наносят на линии делительной поверхности ($\nabla 6$).

Обозначение шероховатости впадин и вершин зубьев наносят на линиях впадин и вершин.

В технических требованиях указано, что поверхность зубьев после термической обработки должна иметь твердость от 48 до 52 единиц по шкале Роквелла (см. обозначение *HRC* 48...52).

В основной надписи указано, что колесо должно быть изготовлено из стали марки 45.

В таблице параметров приведены основные данные для изготовления зубчатого колеса.

Рабочий чертеж колеса с внутренними зубьями (см. рис. 447, *г*) оформляется аналогично. Следует лишь помнить, что если при вычерчивании

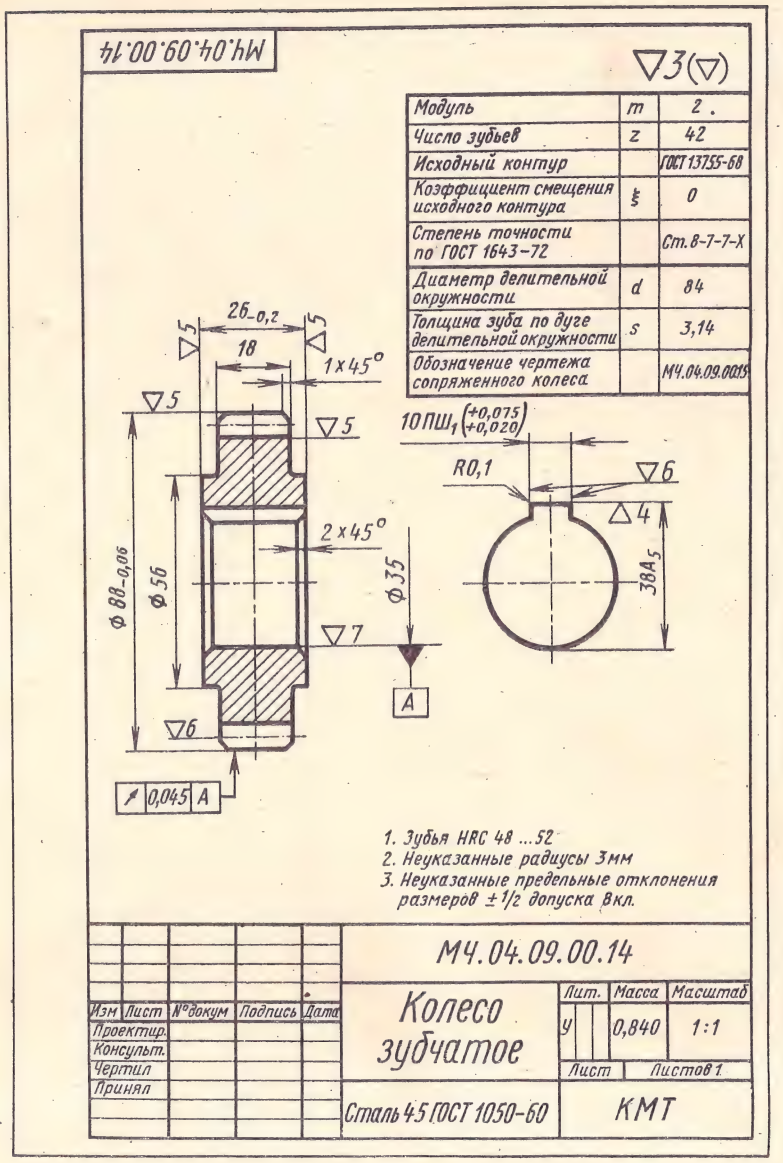


Рис. 465

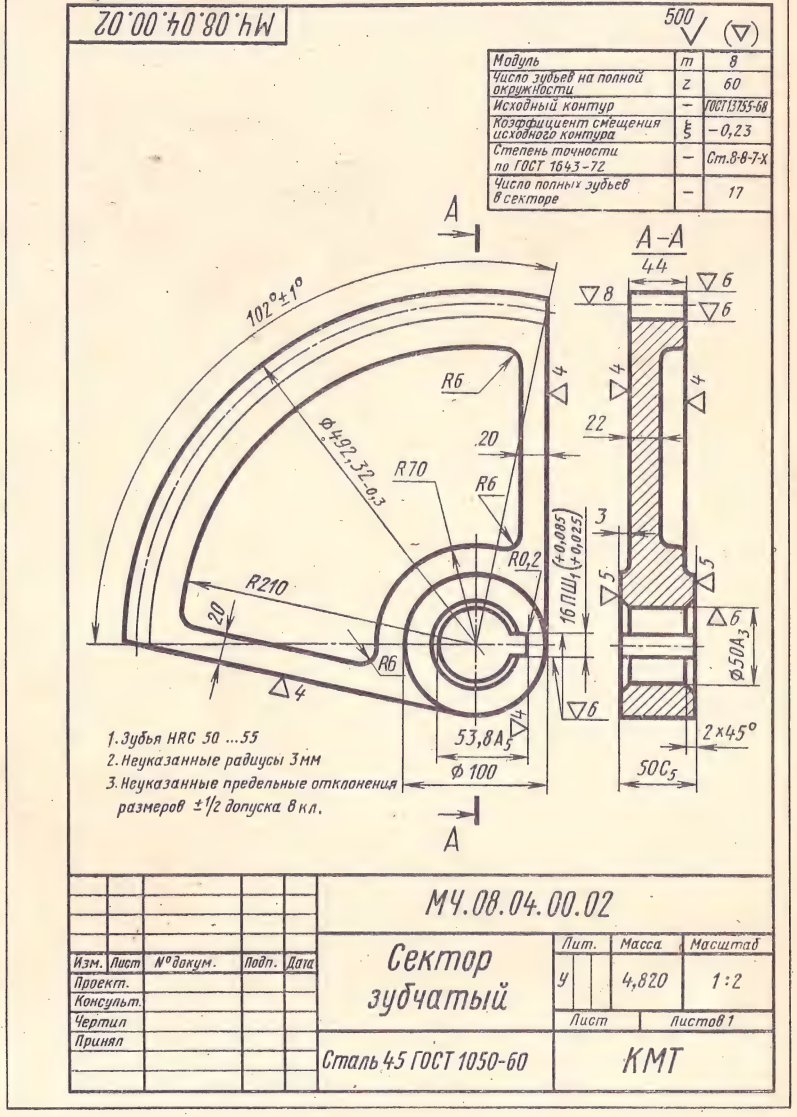


Рис. 466

колеса с наружным зацеплением высоту головки зуба h_a откладывают от делительной окружности в направлении от центра, то при внутреннем зацеплении — наоборот, от делительной окружности к центру колеса.

Рабочий чертеж зубчатого сектора представлен на рис. 466.

В таблице параметров указано число зубьев z на полной окружности. Количество зубьев сектора z_c определяется углом сектора, указанным на его изображении.

Угол сектора, изображенного на рис. 466, равен 102°, в таблице параметров указано число зубьев на полной окружности $z = 60$. Составив пропорцию, подсчитаем число зубьев сектора z_c:

$$\frac{102^\circ}{360^\circ} = \frac{z_c}{z};$$

$$z_c = z\frac{102^\circ}{360^\circ} = \frac{60^\circ \cdot 102^\circ}{360^\circ} = 17.$$

В таблице параметров указан расчетный коэффициент смещения исходного контура $\xi = -0{,}23$, следовательно, колесо корригированное.

Высота h_a головки зуба уменьшена на величину сдвига инструмента

$$x = \xi m = 0{,}23 \cdot 8 = 1{,}84 \text{ мм};$$

таким образом,

$$h_a = m - x.$$

Диаметр окружности вершин

$$d_a = d + 2h_a = mz + 2(m - x);$$

$$d_a = 8 \cdot 60 + 2(8 - 1{,}84) = 480 + 12{,}32 = 492{,}32 \text{ мм}.$$

На чертежах косозубых и шевронных колес в таблице параметров указывают угол β наклона зубьев к оси на делительном цилиндре. Для зубчатого колеса с косыми зубьями указывают направление наклона зуба надписью «Правое» или «Левое», а для шевронных колес делают надпись «Шевронное» (ГОСТ 2.403—68).

У косозубых и шевронных колес различают два шага и, следовательно, два модуля (рис. 467).

Шаг зубьев, измеренный в плоскости вращения колеса (с торца цилиндрического колеса), называется окружным и определяется по формуле

$$p_t = \pi m_t,$$

где m_t — окружной модуль.

Шаг зубьев, измеренный в плоскости, перпендикулярной длине зуба (или нормальной для криволинейного зуба), называется нормальным и определяется по формуле

$$p_n = \pi m_n,$$

где m_n — нормальный модуль.

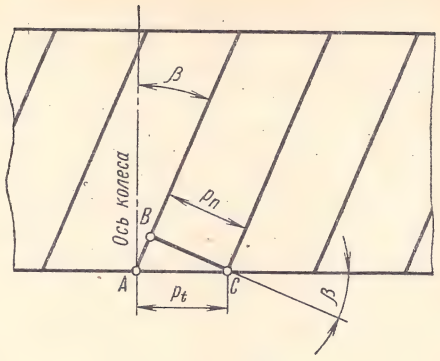


Рис. 467

Зависимость между этими шагами, а следовательно, и модулями найдем из треугольника ABC (рис. 467):

$$BC = AC\cos\beta$$

или

$$p_n = p_t\cos\beta;$$

$$\frac{p_n}{\pi} = \frac{p_t}{\pi}\cos\beta,$$

откуда

$$m_n = m_t\cos\beta,$$

где β — угол между направлением зуба и осью колеса.

Рабочий чертеж зубчатой рейки представлен на рис. 468.

На изображении зубчатых реек в соответствии с ГОСТом 2.404—68 указывают:

а) ширину зубчатой части плоской рейки;

б) высоту зубчатой рейки;

в) длину нарезанной части рейки;

г) направление наклона зуба зубчатой рейки с косыми зубьями и величину угла наклона β;

д) шероховатость боковой поверхности зубьев, поверхности выступов и поверхности впадин;

е) размеры фасок или радиусы закруглений на кромках поверхности вершин и кромках торцов зубьев;

ж) рабочий профиль зубьев зубчатых реек — при необходимости.

Остальные размеры наносят в соответствии с конструкцией рейки.

На чертеже рейки (рис. 468) выполнены два вида и разрез $A - A$. На главном изображении рейки показаны профили двух впадин.

Линия вершин изображена сплошной основной линией, линия впадин — сплошной тонкой линией, линия делительной поверхности — штрихпунктирной тонкой.

Рабочий чертеж конического зубчатого колеса представлен на рис. 469.

На изображении конического зубчатого колеса в соответствии с ГОСТом 2.405—68 указаны:

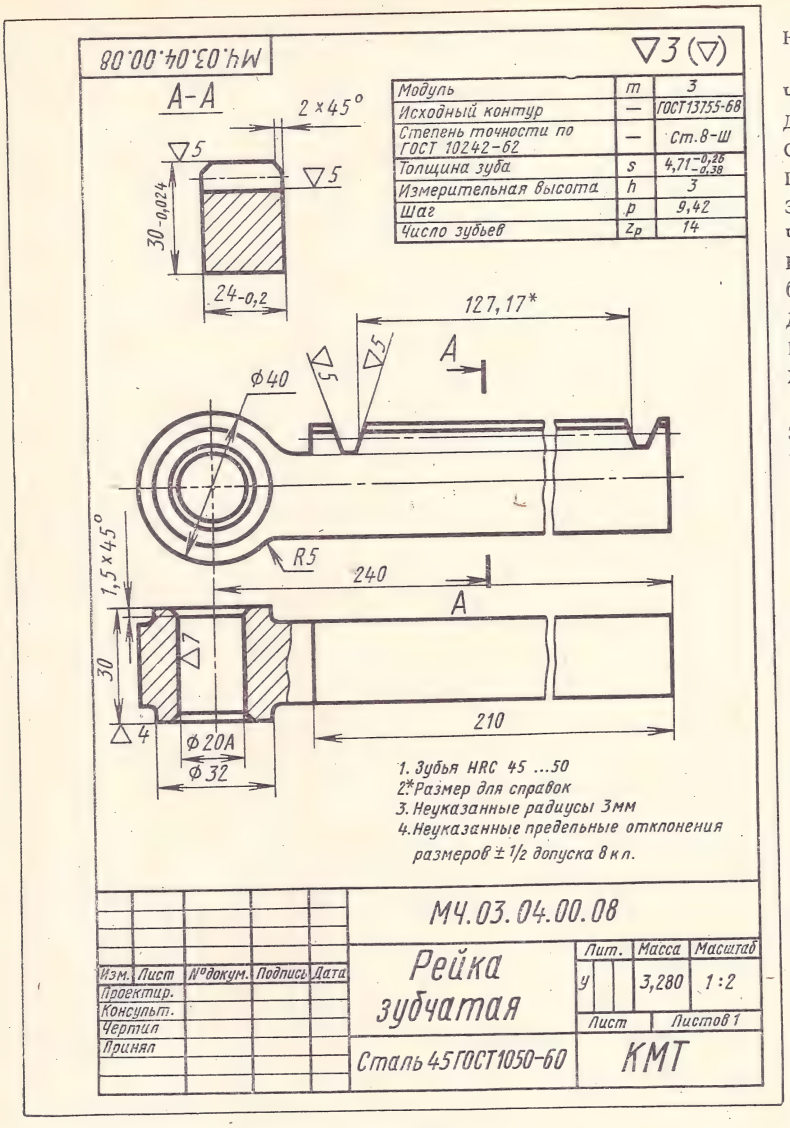


Рис. 468

а) диаметр большего основания конуса вершин;

б) расстояние от большего основания конуса вершин до опорной торцовой плоскости ступицы;

в) угол конуса вершин;

г) угол внешнего дополнительного конуса;

д) ширина зубчатого венца (по образующей делительного конуса);

е) длина образующей делительного конуса;

ж) расстояние от вершины делительного конуса до опорной торцовой плоскости ступицы;

з) шероховатость боковых поверхностей зубьев, поверхности конуса вершин и поверхности впадин;

и) размеры фасок или радиусы закруглений на кромках зубьев.

Остальные размеры и обозначения наносят с учетом конструкции колеса.

На изображении конического зубчатого колеса видно, что вершина делительного конуса не совпадает с вершинами конусов впадин и вершин. Это делается для того, чтобы зазор между зубьями колес в конической передаче был одинаков по всей длине зуба, что делает передачу более плавной. На учебных чертежах делительный конус, конус впадин и конус вершин допускается изображать с общей вершиной (см. рис. 459).

На рабочем чертеже конического зубчатого колеса (рис. 469) указаны четыре угла:

угол делительного конуса $\varphi = 14°2'$;

угол конуса вершин $\varphi_a = 15°14'$;

угол конуса впадин $\varphi_f = 12°32'$;

угол внешнего дополнительного конуса $\lambda = 75°58'$.

Углы φ_a и λ указывают на изображении колеса, а углы φ и φ_f — в таблице параметров.

По указанному в таблице параметров углу делительного конуса φ определяем углы φ_a, φ_f и λ.

Допустим, что число зубьев сопрягаемого колеса $z_2 = 92$, тогда при $m = 2$ мм (см. таблицу параметров) диаметр делительной окружности сопрягаемого колеса

$$d_2 = mz_2 = 2 \cdot 92 = 184 \text{ мм}.$$

Длина образующей делительного конуса

$$L = \sqrt{(0{,}5d_1)^2 + (0{,}5d_2)^2} = \\ = \sqrt{23^2 + 92^2} = 94{,}8 \text{ мм}.$$

Тангенс угла γ_a между образующими делительного конуса и конуса вершин зубьев

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \frac{m}{L} = \frac{2}{94{,}8} = 0{,}021.$$

По таблице тригонометрических функций находим $\gamma_a = 1°12'$, тогда угол конуса вершин зубьев

$$\varphi_a = \varphi + \gamma_a = 14°\,2' + 1°\,12' = 15°\,14'.$$

Тангенс угла γ_f между образующими делительного конуса и конуса впадин зубьев

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \frac{1{,}25m}{L} = \frac{1{,}25 \cdot 2}{94{,}8} = 0{,}0263.$$

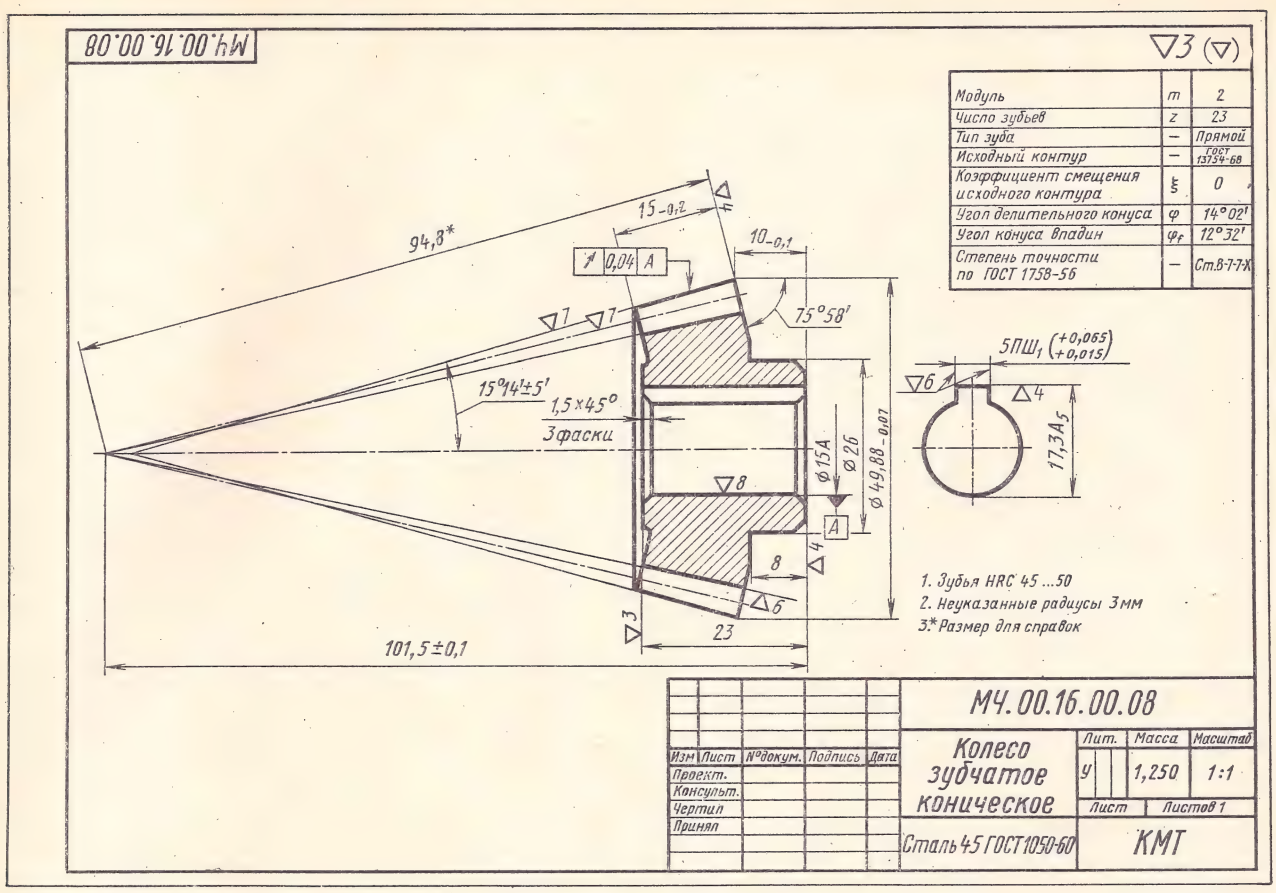


Рис. 469

По таблице тригонометрических функций находим $\gamma_f = 1°30'$, тогда

$$\varphi_f = \varphi - \gamma_f = 14°\,2' - 1°\,30' = 12°\,32'.$$

Угол внешнего дополнительного конуса

$$\lambda = 90° - \varphi = 90° - 14°\,2' = 75°\,58'.$$

Так как рассматриваемое коническое колесо без спиц, то оно имеет только одно изображение — фронтальный разрез. Вместо бокового вида (профильной проекции) колеса дан лишь контур отверстия в ступице с указанием формы и размеров шпоночного паза.

Рабочий чертеж червячного колеса представлен на рис. 470.

На изображении червячного колеса в соответствии с ГОСТом 2.406—68 указаны:

а) диаметр окружности вершин (в средней плоскости зубчатого венца);

б) наибольший диаметр зубчатого венца по вершинам;

в) ширина зубчатого венца;

г) расстояние от средней плоскости зубчатого венца до базового торца;

д) размеры, определяющие внешний контур зубчатого венца, например, радиус выточки на поверхности вершин, размеры фасок или радиусы закруглений торцовых кромок;

е) шероховатость боковых поверхностей зубьев колеса, поверхностей выступов и впадин.

Остальные размеры и обозначения наносят в зависимости от конструкции червячного колеса.

В таблице параметров указывают данные о сопряженном червяке, а также межосевое расстояние.

Рабочий чертеж червяка представлен на рис. 471. На изображении червяка в соответствии с ГОСТом 2.406—68 указаны:

а) диаметр цилиндра вершин;

б) длина нарезанной части червяка по образующей цилиндра;

в) размеры фасок или радиусы закруглений на торцовых кромках цилиндра вершин;

г) радиус закругления ножки витка;

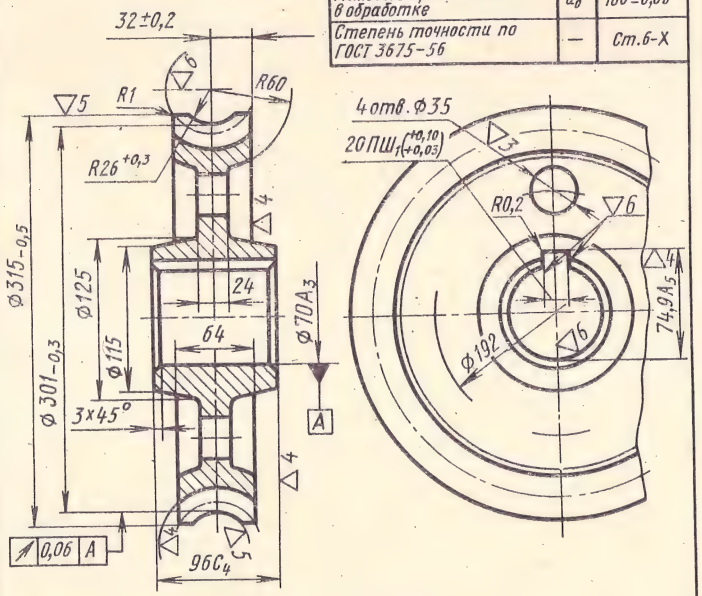
д) размеры фасок или радиусы закруглений на продольных кромках головок витков;

е) шероховатость боковых поверхностей витков, поверхностей вершин и впадин.

МЧ.10.02.00.12

(▽) 2

Модуль осевой		m_x	7
Число зубьев		z_2	41
Сопряженный червяк	Тип червяка	—	Архимедов
	Число заходов	z_1	1
	Направление витка	—	Правое
Межосевое расстояние в обработке		a_0	180 ±0,08
Степень точности по ГОСТ 3675-56		—	Ст.6-Х



1. Зубья цементировать h 0,7...0,9; HRC 56...58
2. Неуказанные радиусы 3мм
3. Неуказанные предельные отклонения размеров ± 1/2 допуска 7 кл.

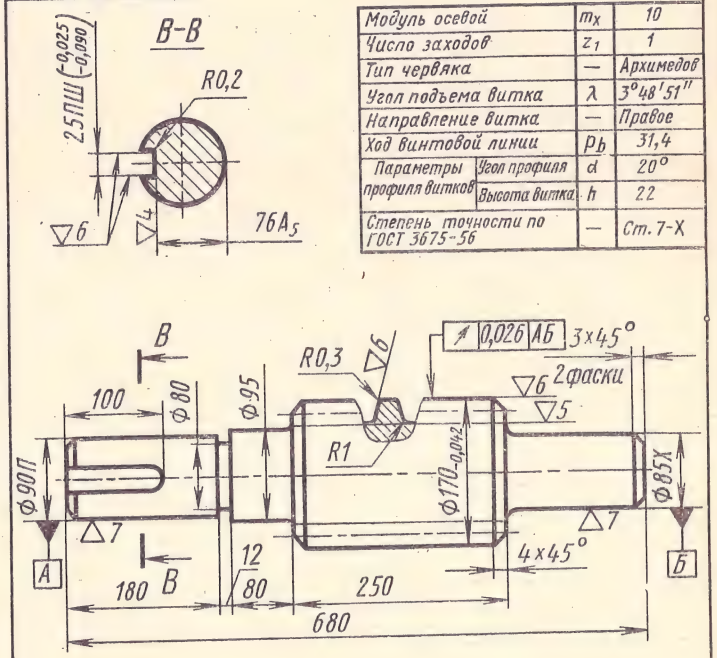
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МЧ.10.02.00.12			
Проект.					Колесо зубчатое червячное	Лит.	Масса	Масштаб
Консульт.						У	2,650	1:5
Чертил						Лист	Листов 1	
Принял					Сталь 20 ГОСТ 1050-60	КМТ		

Рис. 470

МЧ.06.08.00.04

▽4 (▽)

Модуль осевой		m_x	10
Число заходов		z_1	1
Тип червяка		—	Архимедов
Угол подъема витка		λ	3°48'51''
Направление витка		—	Правое
Ход винтовой линии		p_h	31,4
Параметры профиля витков	Угол профиля	α	20°
	Высота витка	h	22
Степень точности по ГОСТ 3675-56		—	Ст. 7-Х



1. Зубья HRC 45 ... 50
2. Неуказанные радиусы 3мм
3. Неуказанные предельные отклонения размеров ± 1/2 допуска 8 кл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МЧ.06.08.00.04			
Проектир.					Червяк	Лит.	Вес	Масштаб
Консульт.						У	12,400	1:4
Чертил						Лист	Листов 1	
Принял					Сталь 45 ГОСТ 1050-60	КМТ		

Рис. 471

Остальные размеры и обозначения наносят в зависимости от конструкции червяка.

На чертеже ось червяка располагают параллельно основной надписи. На главном виде делают местный разрез, выявляющий профиль витка в осевом сечении. В данном примере (см. рис. 471) осевой профиль представляет собой равностороннюю трапецию с углом наклона сторон к вертикали 20°.

Сечение $B-B$, выполненное перпендикулярно оси червяка, поясняет глубину и форму шпоночной канавки.

В таблице параметров указаны ход винтовой линии и высота витка, которые подсчитываются так:

ход винтовой линии

$$p_в = \pi m_x z_1 = 3{,}14 \cdot 10 \cdot 1 = 31{,}4 \text{ мм};$$

высота витка

$$h = 2{,}2 m_x = 2{,}2 \cdot 10 = 22 \text{ мм}.$$

Технические требования, помещенные над основной надписью, содержат сведения о твердости витков после термообработки, а также о размерах и предельных отклонениях, не указанных на чертеже.

§ 9. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

В приводах машин и станков широко применяются зубчатые и червячные передачи. В зависимости от параметров машины в ее приводе применяют одно-, двух-, трехступенчатые, а также многоступенчатые передачи.

Одноступенчатая передача состоит из одной пары зубчатых колес. Меньшее колесо пары обычно бывает ведущим и называется шестерней, а большее колесо ведомым и называется зубчатым колесом.

В буквенных обозначениях параметров шестерни и червяка добавляется индекс 1, а в обозначениях зубчатых и червячных колес — индекс 2.

По ГОСТу 2.402—68 на сборочных чертежах зубчатых и червячных передач показывают начальные, а не делительные окружности. Параметры, относящиеся к начальной окружности, обозначают индексом w.

Изображение внешнего зацепления пары цилиндрических зубчатых колес. Пусть, например, требуется вычертить изображение зубчатой передачи (рис. 472, *а*). Вращение передается шестерней и зубчатым колесом (рис. 472, *б*).

Данные для вычерчивания зацепления:

колеса — прямозубые;

модуль $m = 10$ мм;

число зубьев шестерни $z_1 = 18$;

число зубьев колеса $z_2 = 45$;

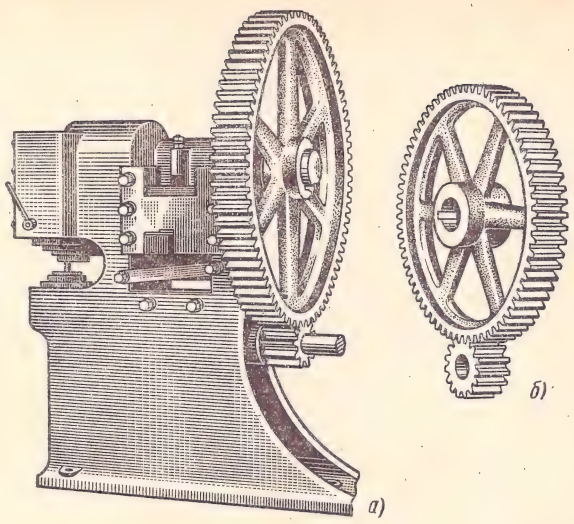


Рис. 472

ширина зубчатого венца $b = 80$ мм;

диаметр ведущего вала $d_{в1} = 50$ мм;

диаметр ведомого вала $d_{в2} = 80$ мм.

Вначале по формулам табл. 24 подсчитывают геометрические параметры зацепления:

диаметры начальных окружностей:

$$d_{w1} = d_1 = mz_1 = 10 \cdot 18 = 180 \text{ мм};$$
$$d_{w2} = d_2 = mz_2 = 10 \cdot 45 = 450 \text{ мм};$$

диаметры окружностей вершин и впадин зубьев:

$$d_{a1} = d_{w1} + 2m = 180 + 2 \cdot 10 = 200 \text{ мм};$$
$$d_{a2} = d_{w2} + 2m = 450 + 2 \cdot 10 = 470 \text{ мм};$$
$$d_{f1} = d_{w1} - 1{,}25 \cdot 2m = 180 - 1{,}25 \cdot 2 \cdot 10 = 155 \text{ мм};$$
$$d_{f2} = d_{w2} - 1{,}25 \cdot 2m = 450 - 1{,}25 \cdot 2 \cdot 10 = 425 \text{ мм};$$

межосевое расстояние

$$a_w = \frac{d_{w1} + d_{w2}}{2} = \frac{180 + 450}{2} = 315 \text{ мм};$$

диаметры ступиц:

$$d_{ст1} = 1{,}6 d_{в1} = 1{,}6 \cdot 50 = 80 \text{ мм};$$
$$d_{ст2} = 1{,}6 d_{в2} = 1{,}6 \cdot 80 = 128 \text{ мм};$$

длины ступиц:

$$L_{ст1} = 1{,}5 d_{в1} = 1{,}5 \cdot 50 = 75 \text{ мм};$$
$$L_{ст2} = 1{,}5 d_{в2} = 1{,}5 \cdot 80 = 120 \text{ мм}.$$

На виде слева проводят осевые линии, начальные окружности d_{w1} и d_{w2}, окружности вершин d_{a1} и d_{a2}, окружности впадин d_{f1} и d_{f2} (рис. 473, *а*). Начальные окружности изображают касательными друг к другу в точке, расположенной на оси, соединяющей центры зубчатых колес.

Для построения фронтального разреза из точек пересечения окружностей с вертикальной

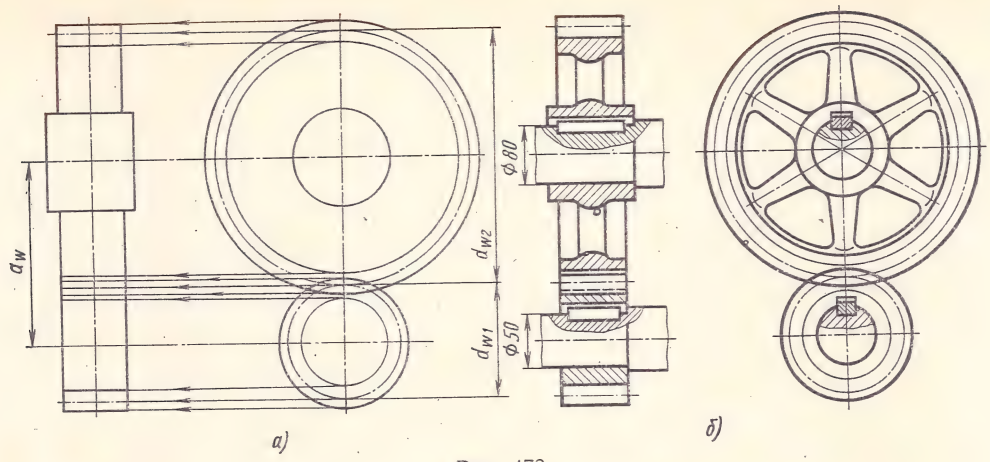


Рис. 473

линией центров проводят по направлению стрелок (рис. 473, *а*) линии связи.

В зоне зацепления зуб шестерни изображается расположенным перед зубом колеса. Это наглядно показано на рис. 474. Так как высота головки меньше высоты ножки зуба, в зоне зацепления получается радиальный зазор

$$c = h_f - h_a = 0{,}25m.$$

На изображениях колес вычерчивают ступицы (рис. 473, *б*). По диаметрам валов подбирают размеры шпоночных пазов (см. табл. 17). В местах шпоночных соединений выполняют местные разрезы валов. На обоих видах вычерчивают спицы, форма, размеры и число которых предполагаются заданными. Лишние линии с чертежа удаляют, обводят изображения и заштриховывают разрезы.

Необходимо помнить, что одна и та же деталь на всех изображениях должна быть заштрихована в одном направлении. Зубья колес, спицы, шпонки и валы в продольном разрезе показывают нерассеченными (не заштриховывают).

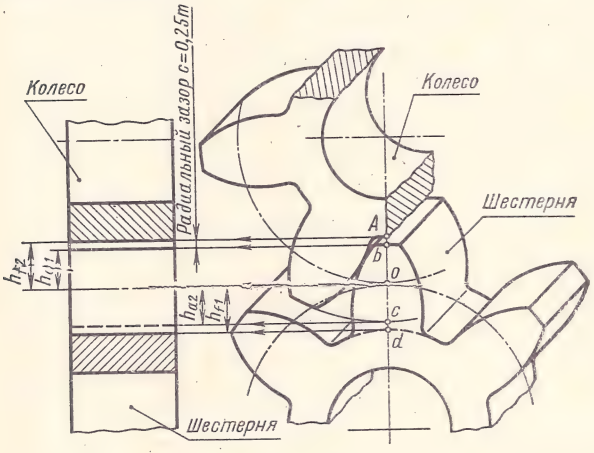


Рис. 474

Изображение зацепления пары конических зубчатых колес. На рис. 475, *а* изображена коническая передача привода шнека. Пусть требуется вычертить зацепление конической шестерни и колеса (рис. 475, *б*). Для вычерчивания зацепления необходимы следующие данные:

модуль m;

числа зубьев z_1 и z_2;

углы начальных конусов φ_{w1} и φ_{w2};

диаметры валов $d_{в1}$ и $d_{в2}$.

По формулам (см. табл. 24) подсчитываем:

высоту головки и ножки зубьев h_a и h_f;

диаметры окружностей больших оснований начальных конусов d_{w1} и d_{w2};

длину зуба b;

толщину обода δ_1 и δ_2;

толщину диска k_1 и k_2 (если они имеются у колес);

диаметры и длины ступиц $d_{ст1}$, $d_{ст2}$, $L_{ст1}$, $L_{ст2}$.

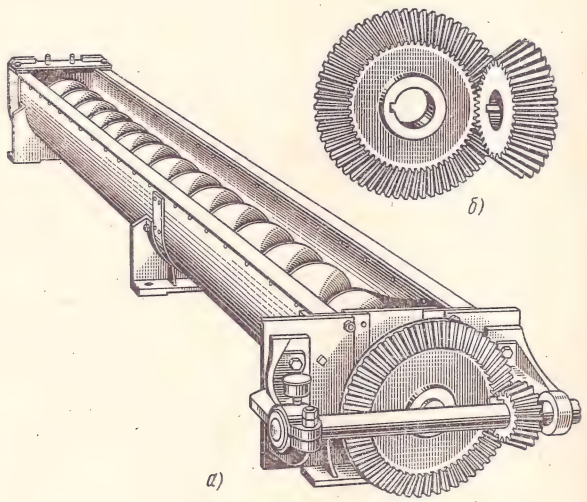


Рис. 475

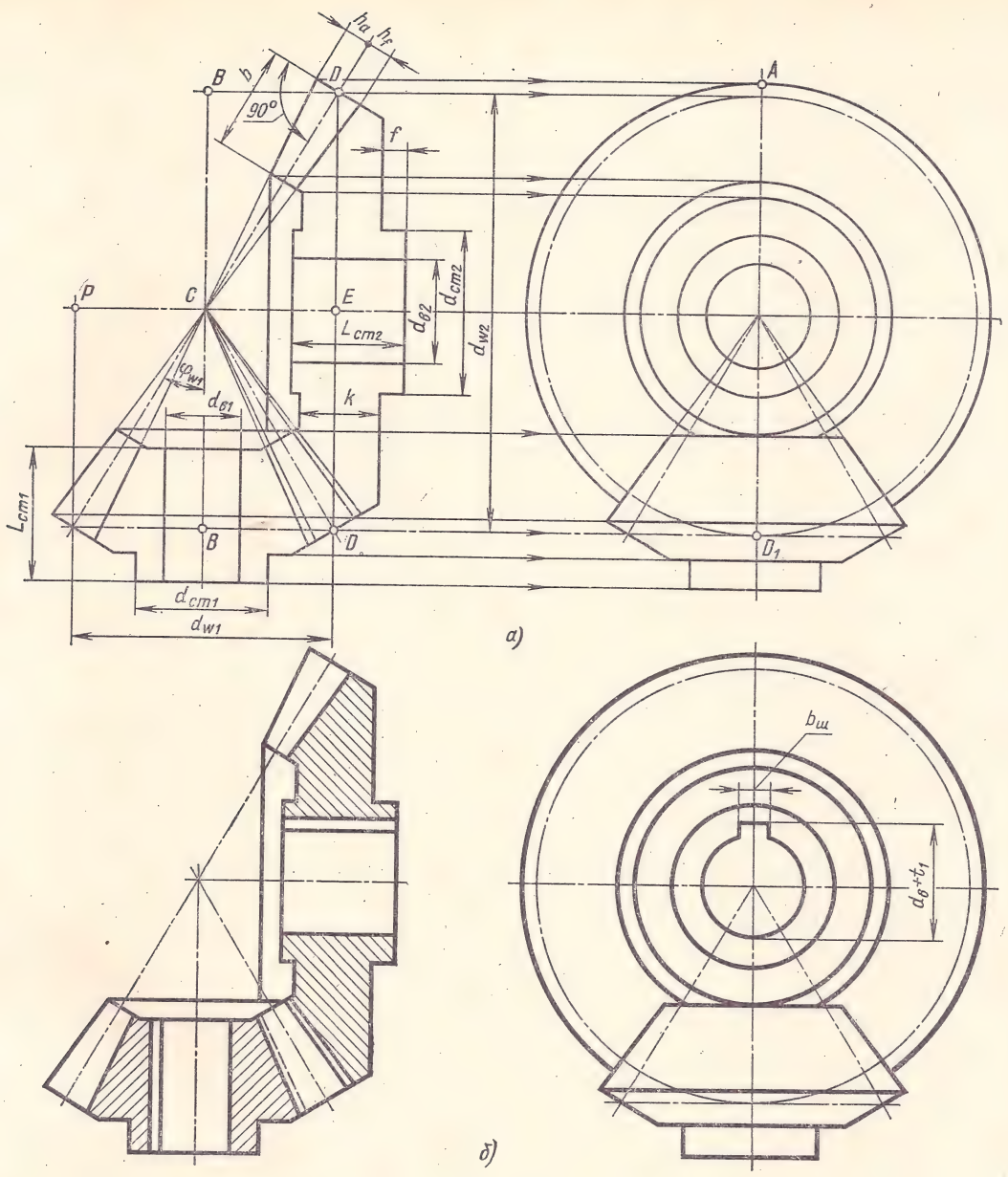


Рис. 476

Размеры шпоночных пазов выбирают по ГОСТу 8788—68 в зависимости от диаметров валов (см. табл. 17).

На главном изображении зацепления выполняют полный фронтальный разрез конических колес.

Для вычерчивания зацепления на главном виде проводят взаимно перпендикулярные осевые линии — вертикальную ось шестерни и горизонтальную ось колеса (рис. 476, *а*).

От точки пересечения *C* осевых линий откладывают по осям вверх и вниз отрезки *CB*, равные $\frac{d_{w2}}{2}$, а вправо — отрезок *CE*, равный $\frac{d_{w1}}{2}$.

Через точки *B* проводят горизонтальные линии, а через точку *E* — вертикальную линию до пересечения в точках *D*. Точки *D* соединяют с вершиной начальных конусов (точкой *C*) прямыми, которые являются контурными образующими начальных конусов колес.

Из точек *D* к образующим начальных конусов восставляют перпендикуляры, на которых откла-

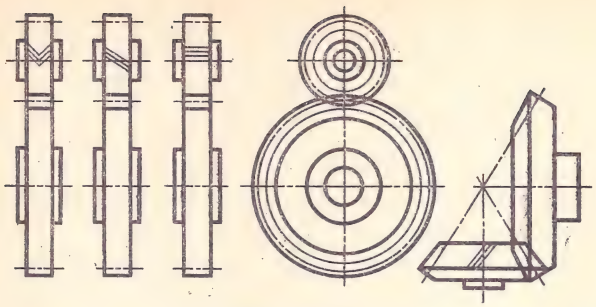
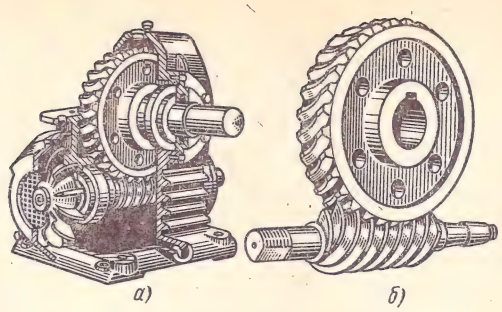


Рис. 477



а) *б)*

Рис. 478

дывают высоту головки $h_a = m$ и высоту ножки зуба $h_f = 1{,}25m$. Концы отрезков соединяют с вершиной C, т. е. образующие конусов вершин и впадин в этих случаях проводят через вершину начального конуса.

По образующим начальных конусов от точек D по направлению к вершине C откладывают длину зуба b и проводят границу зуба (рис. 476, *а*).

Вычерчивают диск колеса толщиной k и ступицы колес.

При помощи горизонтальных линий связи (см. направление стрелок) вычерчивают вид слева (рис. 476, *а*). На этом виде показывают только две окружности: окружность большого основания конуса вершин и окружность большого основания начального конуса, которая должна касаться в точке D_1 горизонтальной штрихпунктирной линии.

Окружность конуса впадин не показывают.

На разрезе нерассеченный зуб шестерни должен быть изображен расположенным перед зубом колеса (рис. 476, *б*).

Линии BD и DD на разрезе не указывают.

Если необходимо показать на изображениях зубчатых зацеплений направление зубьев, то на одном из колес зацепления, вблизи оси, наносят три сплошные тонкие линии с соответствующим наклоном (рис. 477).

Изображение червячной передачи. На рис.478,*а* представлен червячный редуктор.

Требуется начертить зацепление червячной пары (рис. 478, *б*).

Для вычерчивания зацепления необходимы следующие данные:

осевой модуль m_x;

число заходов червяка z_1;

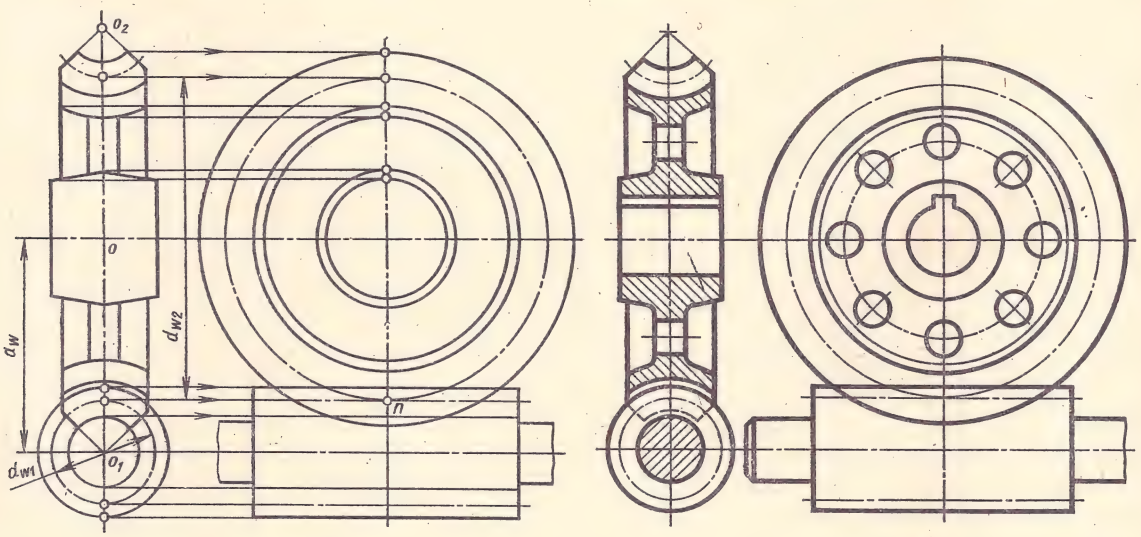
число зубьев колеса z_2;

направление витка червяка;

тип червяка (архимедов, эвольвентный или конволютный).

Эти данные берут с натуры или задаются конструктором.

Остальные размеры зацепления подсчитывают по формулам (табл. 24). Червячное зацепление вычерчивают в следующем порядке.



а) *б)*

Рис. 479

Определяют и откладывают межосевое расстояние (рис. 479, *а*)

$$a_w = OO_1 = OO_2.$$

Из точек O_1 и O_2, как из центров, проводят начальные окружности червяка. Из точки O_1 проводят окружности вершин и впадин червяка.

Проводя горизонтальные линии связи по направлению, указанному стрелками, строят вид слева. На этом виде проводят начальные окружности колеса и образующие начального цилиндра червяка, которые должны касаться в точке n (рис. 479, *а*).

При помощи линий связи определяют контуры остальных элементов зацепления.

Законченный чертеж зацепления представлен на рис. 479, *б*. На разрезе виток червяка должен быть показан расположенным перед зубом колеса.

На виде слева окружность вершин колеса и образующие цилиндра вершин червяка в зоне зацепления изображены сплошной основной линией.

§ 10. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ХРАПОВОГО МЕХАНИЗМА

Храповой механизм применяется для предупреждения вращения вала в обратном направлении. Механизм состоит из двух основных деталей: зубчатого колеса (храповика) и собачки (рис. 480, *а*), зацепляющейся с его зубьями.

Если вал повернется в обратном направлении, то конец собачки войдет во впадину между зубьями, препятствуя обратному вращению вала, на котором закреплен храповик.

Зуб храпового колеса имеет профиль, отличный от профиля зубьев зубчатых колес (рис. 480, *б*). Рабочая часть зуба соприкасается с концом собачки и направлена не по радиусу храповика, а под углом $\varphi = 12 \div 15°$ к нему. Величина этого угла выбирается с таким расчетом, чтобы собачка свободно входила во впадину между зубьями и в то же время не выскакивала самопроизвольно из этой впадины.

Как и зубчатое колесо, храповик характеризуется основным параметром — модулем

$$m = \frac{p}{\pi},$$

где p — шаг зубьев храповика.

Шаг зубьев храповика измеряется по окружности вершин.

Высота зуба храповика определяется по формуле

$$h = 0{,}75m.$$

Диаметр окружности вершин

$$d_a = mz,$$

где z — число зубьев храповика.

Диаметр окружности впадин

$$d_f = d_a - 2h = m(z - 1{,}5).$$

Храповик изображают на чертежах упрощенно (см. ГОСТ 2.305—68), вычерчивают только один-два зуба. Окружность впадин показывают сплошной тонкой линией (рис. 480, *б*).

§ 11. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Цепная передача применяется при значительных расстояниях между осями параллельных валов. Эта передача имеет два зубчатых колеса, называемых звездочками. Вращение с одного вала на другой передается цепью.

В машиностроении наиболее часто применяется втулочно-роликовая цепь (рис. 481, *б*), состоящая из пластин, соединенных с втулками. Размеры таких цепей стандартизованы (см. ГОСТ 10947—64).

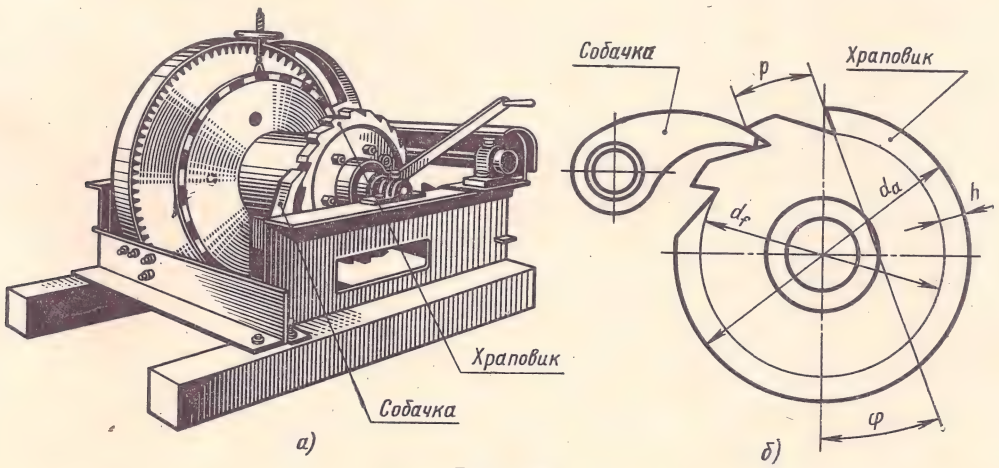


Рис. 480

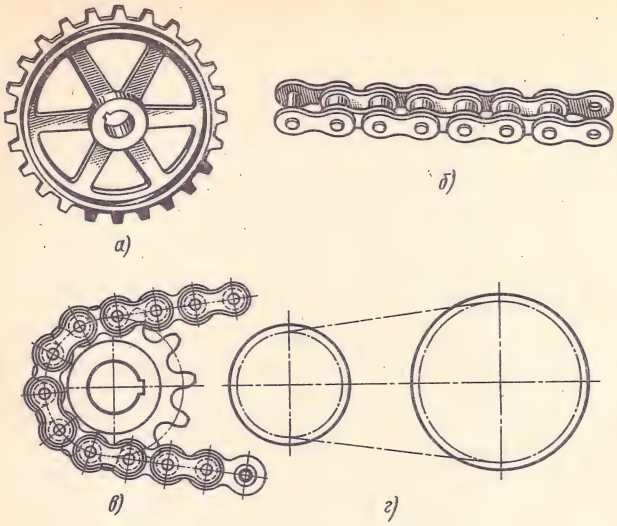


Рис. 481

Профиль зубьев звездочек (рис. 481, *а* и *в*) отличается от профиля зубчатых колес тем, что он очерчен по дугам окружностей (см. ГОСТ 591—69).

Последовательность вычерчивания элементов звездочки (обода, втулки и т. д.) аналогична вычерчиванию элементов цилиндрических зубчатых колес.

На общих видах цепных передач согласно ГОСТу 2.402—68 цепь изображается тонкой штрихпунктирной линией (рис. 481, *г*).

Рабочий чертеж звездочки представлен на рис. 482.

На изображении звездочки в соответствии с ГОСТом 2.408—68 указаны:

а) ширина зуба звездочки;

б) радиус закругления зуба (в осевой плоскости);

в) расстояние от вершины зуба до линии центров дуг закруглений (в осевой плоскости);

г) диаметр обода;

д) диаметр окружности вершин;

е) шероховатость поверхности профиля зубьев, торцовых поверхностей зубьев, поверхности вершин и шероховатость поверхностей закругления зубьев (в осевой плоскости).

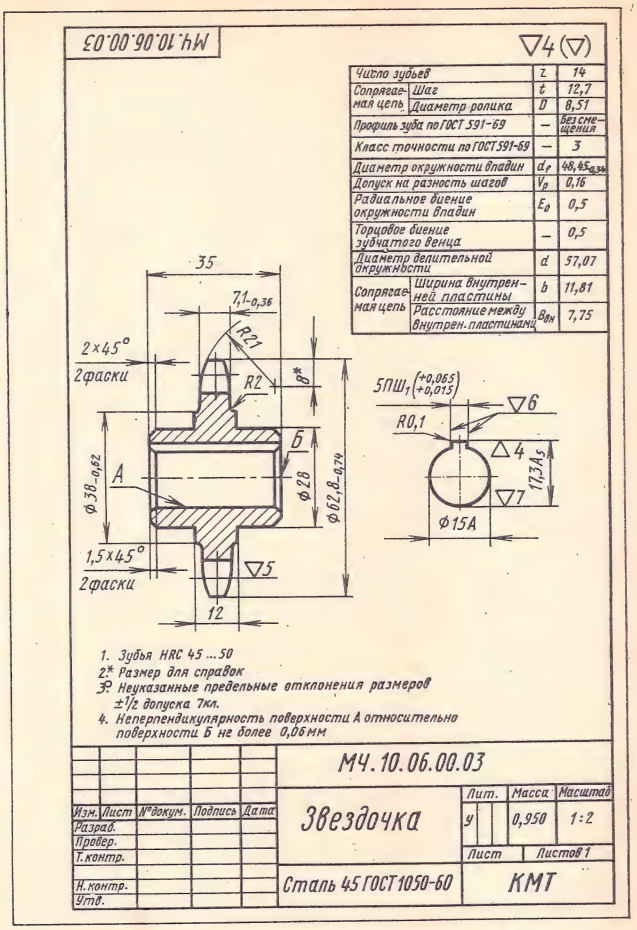


Рис. 482

Остальные размеры наносят в соответствии с конструкцией звездочки.

На чертеже звездочки помещают таблицу параметров.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие виды передач применяются в машиностроении?
2. Что называется модулем зубчатого зацепления?
3. Какая существует зависимость между модулем, числом зубьев и диаметром делительной окружности?
4. В чем заключается условность при изображении зубьев зубчатых колес?
5. Как изображается направление зубьев на чертежах зубчатых колес?
6. Какими линиями вычерчивают начальную окружность, окружности впадин и вершин?

ГЛАВА 7

СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

§ 1. СОДЕРЖАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

Для производства машин, приборов, станков и других изделий разрабатывается конструкторская документация, которая должна содержать все сведения, необходимые для изготовления, приемки, эксплуатации и ремонта изделия и его составных частей.

Конструкторская документация разделяется на проектную и рабочую.

В проектную документацию входят техническое предложение, эскизный проект и технический проект, которые являются результатом начальной стадии разработки конструкторской документации. В состав проектной документации входят чертежи общих видов, показывающие конструктивное устройство изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющие принцип действия изделия, пояснительная записка к проекту и другие документы.

Содержащаяся на чертеже общего вида информация в совокупности с другими документами технического проекта является основой для разработки рабочей конструкторской документации. К рабочим конструкторским документам относятся сборочные чертежи изделий и их составных частей, содержащие изображения изделий и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля, рабочие чертежи деталей, спецификации, монтажные и габаритные чертежи, схемы и др.

Если конструкция изделия или его составных частей несложная, то выполняется лишь рабочая конструкторская документация, например сборочный чертеж, спецификация и другие документы. В этом случае по сборочному чертежу разрабатывают рабочие чертежи деталей. Подобные несложные сборочные чертежи выполняют при изучении курса черчения.

К сборочным чертежам относятся чертежи сборочных единиц изделий (машин, приборов, аппаратов) или их частей, а также гидромонтажные, пневмомонтажные и электромонтажные чертежи.

Сборочный чертеж должен содержать:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу;

б) указания, обеспечивающие возможность сборки и контроля сборочной единицы;

в) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

г) указания о характере и способе соединения деталей;

д) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

е) основные характеристики изделия;

ж) габаритные, установочные, присоединительные, а также необходимые справочные размеры.

На сборочных чертежах изделий также помещают: условные обозначения посадок в ответственных соединениях; стрелки, показывающие направление вращения валов; модули m, числа зубьев z и направление зубьев колес; изображение пограничных изделий («обстановку») с основными размерами, определяющими их взаимное расположение, и др.

Таким образом, в данном случае сборочный чертеж является достаточно полным изображением изделия, так как по сборочному чертежу не только собирают изделие, но и выполняют рабочие чертежи деталей.

В курсе черчения сборочный чертеж изделия является учебным чертежом, поэтому не может быть выполнен со всеми требованиями, предъявляемыми к производственным сборочным чертежам. Правила выполнения изображений (видов, разрезов, сечений) на сборочных чертежах имеют много общего с правилами изображений деталей, изложенными в гл. 2.

Пример сборочного чертежа изделия — блока направляющего — представлен на рис. 501. Последовательность выполнения этого чертежа описана ниже.

На чертеже имеются:

а) главный вид, вид сверху и вид слева. На всех этих изображениях выполнены местные разрезы;

б) местный вид *Б*;

в) вынесенное сечение *А — А*, поясняющее взаимное расположение отверстий и канала для смазки;

г) сечение *В — В* детали *3*.

Одна и та же деталь на всех изображениях сборочного чертежа заштрихована в одном направлении (например, вилка *2* на главном виде с местным разрезом, на виде слева с местным разрезом и на виде сверху).

Смежные (соприкасающиеся) детали заштрихованы в разных направлениях (например, направление штриховки кронштейна *3* на местном разрезе главного вида отличается от направления штриховки вилки *2*).

Если форма какой-либо детали на имеющихся изображениях выявляется неполностью, то сбо-

рочный чертеж дополняют видом по стрелке (местным видом) этой детали, располагаемым отдельно от остальных изображений (см. Вид *Б*).

На сборочном чертеже, как правило, основные изображения располагают в проекционной связи с главным изображением, что облегчает чтение чертежа. Остальные изображения (например, Вид *Б*) размещают на любом свободном месте поля чертежа.

Конструктивное оформление изделия, изображенного на сборочном чертеже, должно быть выполнено с учетом всех технологических особенностей сборки деталей.

Перед составлением сборочного чертежа изделия учащийся должен прежде всего выяснить назначение изделия, устройство и взаимосвязь отдельных деталей, пользуясь паспортом изделия или его описанием.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СБОРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ОТРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

Сборка изделия представляет собой выполнение разъемных и неразъемных соединений. Разъемные соединения осуществляются при помощи болтов, винтов, шпилек, штифтов, шпонок и т. п. Неразъемные соединения выполняются клепкой, сваркой, запрессовкой, пайкой, склеиванием, опрессовкой резиной, пластмассами и другими материалами в пресс-формах, наплавкой металла и т. п.

При проектировании изделия необходимо учитывать особенности технологии сборки. Так, например, в болтовом соединении двух фланцев (рис. 483, *а*) нельзя изображать гайку расположенной слева, так как в этом случае болт невозможно будет завести в отверстие фланцев; этому мешает выступающая часть *М* правой детали.

Внутри корпуса (рис. 483, *б*) необработанная поверхность (характерный признак ее на чертеже — скругленные углы) выполнена большего диаметра. Это позволяет уменьшить время и расход инструмента на обработку отверстий, в которые запрессовываются втулки.

Во избежание перекосов соприкасание двух деталей должно осуществляться только по одной из двух пар параллельных плоскостей (рис. 483, *в*).

При вычерчивании уплотнения (рис. 483, *г*) втулку сальника изображают выдвинутой из гнезда вверх до соприкосновения с нажимной гайкой, которую показывают навинченной на 2—3 витка. По мере износа набивки уплотнение можно регулировать завинчиванием накидной гайки.

В отверстии втулки показывают фаску; между фаской и галтелью вала должен быть небольшой

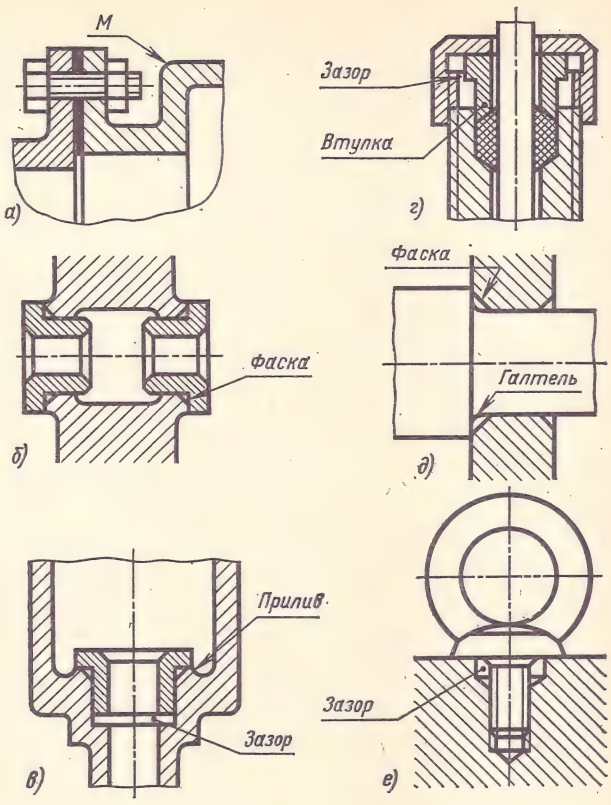


Рис. 483

зазор (рис. 483, *д*). Такое конструктивное оформление обеспечивает необходимое соединение деталей.

Между торцом рым-болта и торцом отверстия также должен быть зазор (рис. 483, *е*).

На сборочных чертежах краткими надписями указывают специальные технологические процессы, как это показано на рис. 484.

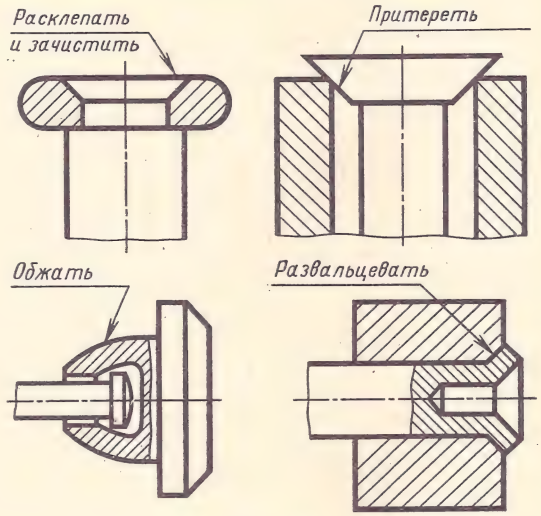


Рис. 484

§ 3. ИЗОБРАЖЕНИЕ СМАЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Перед составлением сборочного чертежа изделия необходимо выяснить способ смазки трущихся поверхностей деталей и правильно изобразить на сборочном чертеже смазочные устройства.

Недостаточная смазка ведет к нагреванию и быстрому износу поверхностей деталей, вследствие чего машина выходит из строя.

Для периодической смазки трущейся поверхности цапфы (опорной части) вала, которая вращается во вкладыше подшипника, применяется колпачковая масленка (рис. 485, *а*). Она состоит из двух частей: резервуара *1*, заполняемого густой (консистентной) смазкой, и крышки *2* (рис. 486, *а*). Периодически поворотом вручную крышку завинчивают, при этом часть смазки выдавливается на трущуюся поверхность. Из масленки смазка проходит через отверстие во вкладыше подшипника и распределяется по продольным желобкам *А* (рис. 485, *а*) или по винтовым канавкам *Б* (рис. 485, *б*) по всей трущейся поверхности цапфы.

Пресс-масленки (рис. 486, *б* и *в*) с шариковым обратным клапаном заполняют смазкой при помощи шприца (рис. 486, *г*). Концом шприца отжимают шарик и наполняют масленку; при отводе шприца пружина автоматически закрывает отверстие шариком, предотвращая выход смазки наружу.

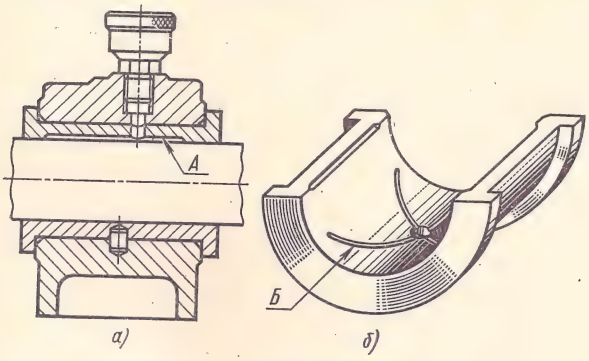


Рис. 485

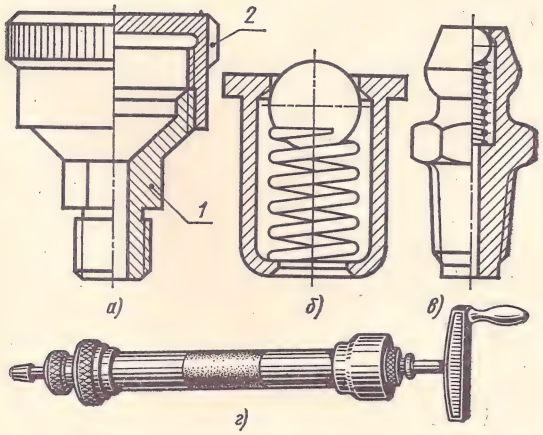


Рис. 486

Корпус пресс-масленки выполняется цилиндрическим (под запрессовку) или с конической дюймовой резьбой.

На разрезах сборочных чертежей масленки, попадающие в секущую плоскость, изображают неразрезанными (рис. 485, *а*).

Размеры колпачковых масленок и пресс-масленок стандартизованы (ГОСТ 1303—56).

§ 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Соединения деталей, находящихся под воздействием давления газа, пара, жидкости, должны быть плотными, без зазоров. Между резервуаром и крышкой, фланцем и корпусом клапана, поршнем и штоком и другими деталями пневмо- и гидросистем должны быть установлены уплотнительные устройства.

Для уплотнения зазоров между плоскими поверхностями деталей в разъемных соединениях применяют уплотнительные прокладки в виде штампованных или вырезанных на месте монтажа плоских пластин (рис. 487, *а*). Прокладки изготовляют из резины, картона, фибры, асбеста, паронита и других материалов.

Для уплотнения зазоров между цилиндрическими поверхностями применяют уплотнительные кольца, манжеты, а также густую смазку.

Уплотнительные кольца изготовляют прямоугольного, круглого, полукруглого сечений (рис. 487, *б*). Кольца закладывают в канавки (например, в канавки поршня, рис. 489). Уплотнительные кольца изготовляют из резины, войлока, фетра, графитизированного асбестового шнура и др.

Кольца из технического войлока или фетра предохраняют, например, от вытекания смазки

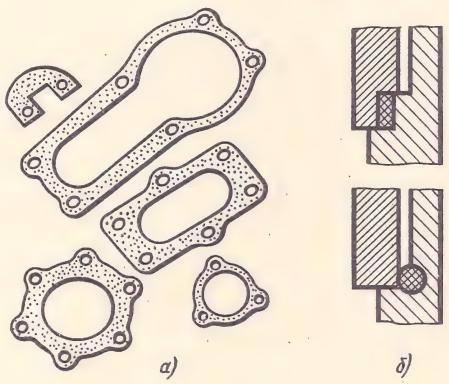


Рис. 487

через зазор между валом и корпусом подшипника (рис. 488, *а* и *б*).

Кольцо прямоугольного сечения после установки в канавку трапецеидального сечения деформируется (рис. 488, *б*), благодаря чему осуществляется плотное прижатие уплотнительного кольца к цапфе вала.

В крышке (рис. 488, *в* и *г*) в месте выхода конца вала выточены три кольцевые канавки, заполненные густой смазкой.

Уплотнительные манжеты (рис. 489) изготовляют из кожи, маслостойкой резины, заменителей кожи — севанита, капрона, фторопласта-4, винипласта, полиэтилена и др.

Различные виды уплотнений показаны на рис. 489, где изображен гидравлический цилиндр.

Для уплотнения зазора между поршнем и цилиндром установлены кольца прямоугольного сечения *1*, между цилиндром и его крышками — кольца круглого сечения *2*, между штоком и крышкой — манжеты *3* из полиуретана. Плотное прилегание манжет к штоку и цилиндрическим стенкам крышки достигается распорным кольцом, входящим конусными торцами внутрь манжеты.

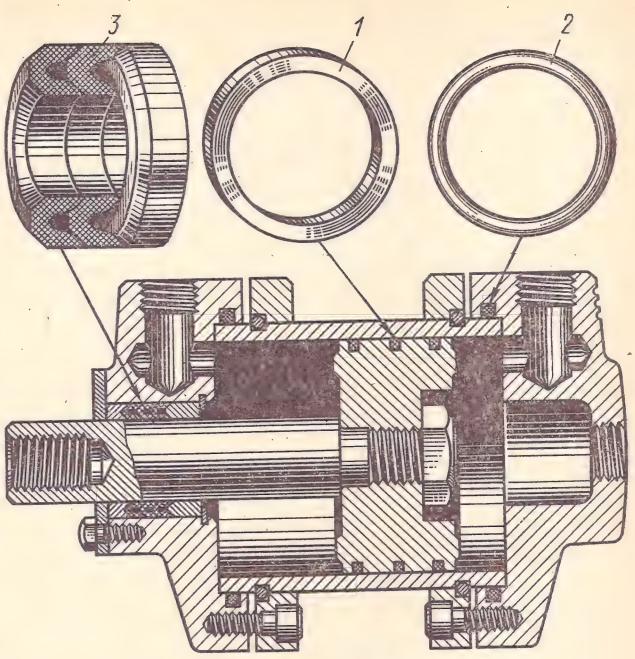


Рис. 489

Для уплотнения медленно и редко перемещающихся деталей арматуры для жидкостей и газа применяется сальниковое уплотнение с мягкой набивкой шнурами (рис. 490). Шнуры изготовляются из хлопчатобумажной, льняной, джутовой, пеньковой или асбестовой пряжи с последующей пропиткой густой смазкой, техническим жиром или графитовым порошком. Поперечное сечение шнуров — круглое и квадратное.

На рис. 490, *а* показано уплотнение шпинделя винта задвижки трубопровода для жидкостей шнурами квадратного сечения. При завинчи-

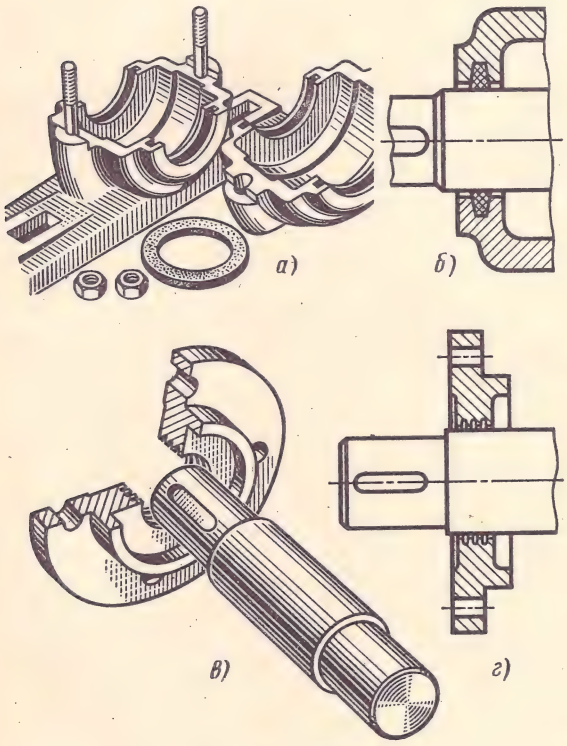


Рис. 488

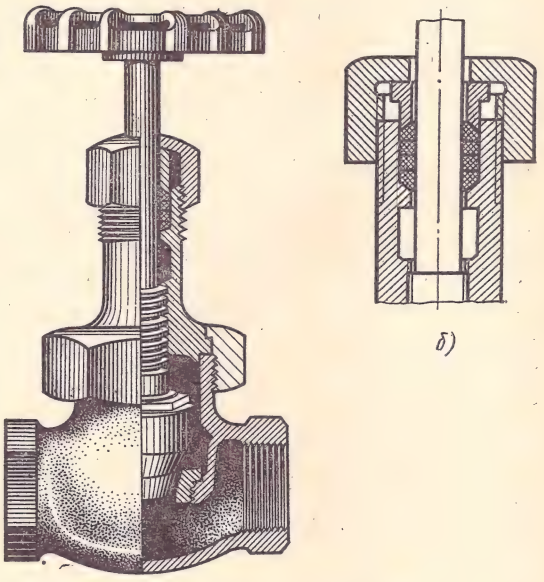


Рис. 490

вании накидной гайки нажимная втулка давит на шнур (рис. 490, *б*), в результате чего шнур плотно прилегает к шпинделю.

§ 5. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения служат в качестве опор для валов и осей и применяются почти во всех современных машинах.

Наиболее распространенные типы подшипников представлены в табл. 25.

Подшипники качения состоят из наружного и внутреннего колец, шариков (или роликов) и сепаратора, отделяющего шарики (или ролики) друг от друга.

На чертежах подшипники качения изображают без сепаратора.

Правила упрощенного изображения подшипников качения на сборочных чертежах установлены ГОСТом 2.420—69.

В большинстве случаев подшипники изображают без указания типа и конструктивных особенностей. В этом случае подшипник изображают сплошными основными линиями по контуру и проводят сплошными тонкими линиями диагонали (см. табл. 25).

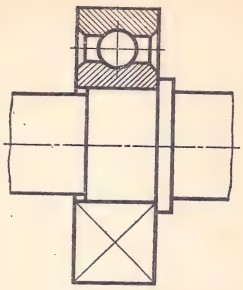


Рис. 491

Если на сборочном чертеже необходимо указать тип подшипника, то в контур его изображения вписывают условное графическое обозначение по ГОСТу 2.770—68 (см. табл. 25).

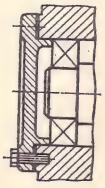
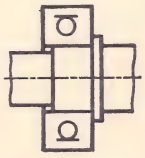
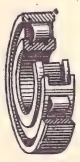
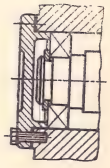
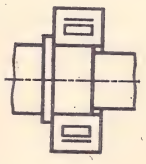
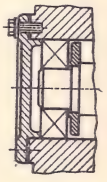
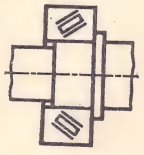
При изображении подшипника в разрезе по правилам ГОСТа 2.109—68 допускается половину разреза (относительно оси вращения) изображать контуром с диагоналями (рис. 491).

§ 6. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРУЖИН

Для создания необходимого усилия пружина при сборке предварительно подвергается деформации: сжимается или растягивается. Для регу-

Таблица 25

Изображение подшипников качения на чертежах

Наименование (тип)	Наглядное изображение	Изображение в разрезе	Условное изображение на сборочном чертеже	
			без указания типа подшипника	с указанием типа подшипника
Шарикоподшипник радиальный однорядный				
Роликоподшипник радиальный однорядный				
Роликоподшипник радиально-упорный однорядный				

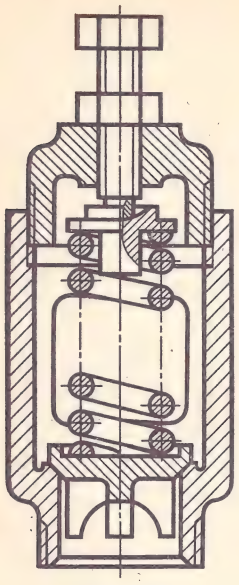


Рис. 492

лирования величины этого усилия применяются различные устройства, например болт с контргайкой (рис. 492). Вычерчивая сборочные чертежи с применением пружин, нужно учитывать деформации пружин и изображать пружины соответственно сжатыми или растянутыми по сравнению с длиной в свободном состоянии.

Пружина, изображенная на сборочном чертеже лишь сечениями витков, условно считается закрывающей расположенные за ней детали до осевых линий сечений витков (рис. 493, *а*). Если толщина сечения витков на чертеже равна 2 мм и менее, то пружина в разрезах изображается сплошными утолщенными линиями (рис. 493, *б*).

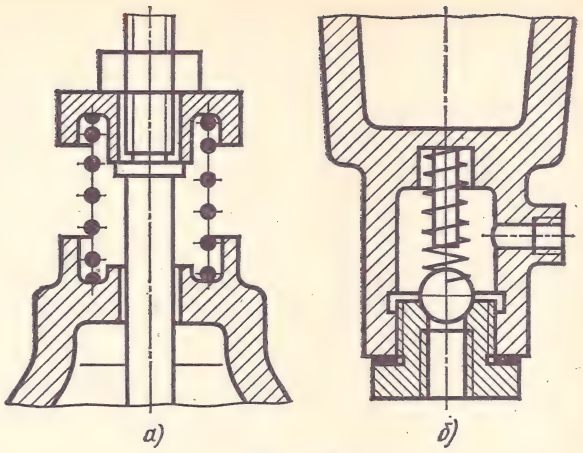


Рис. 493

§ 7. ИЗОБРАЖЕНИЕ СТОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ

На сборочных чертежах изделия с резьбой, подвергающиеся при работе машины действию вибраций, толчков и ударов, изображают совместно с деталями, предупреждающими их самоотвинчивание.

Детали, предназначенные для стопорения резьбовых изделий, стандартизованы, поэтому при вычерчивании таких деталей необходимо пользоваться соответствующими ГОСТами.

На рис. 494, *а* и *б* показано применение стопорных шайб с лапками (ГОСТ 3693—52). Одна лапка отгибается до соприкосновения с плоской частью детали, другая лапка — до контакта с какой-либо гранью шестигранной головки винта.

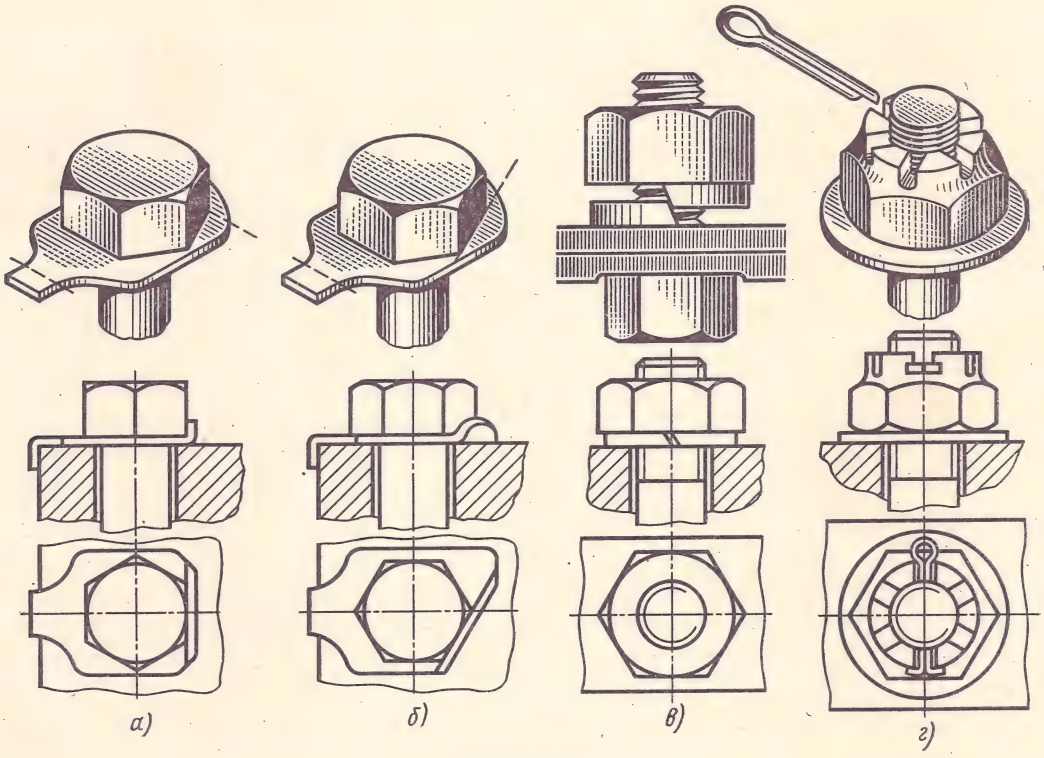


Рис. 494

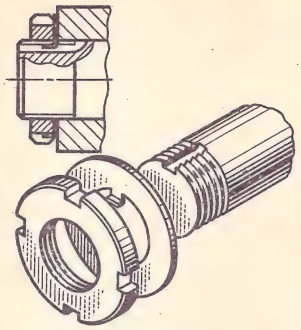


Рис. 495

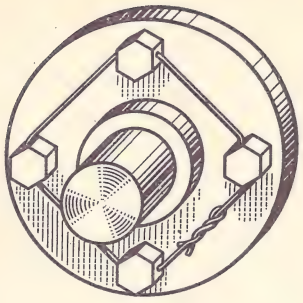


Рис. 496

На рис. 494, *в* изображена пружинная стопорная шайба, широко применяемая в машиностроении. На рис. 494, *г* показано стопорение с применением шплинта.

Шайбы стопорные с внутренним носком (ГОСТ 3695—52) применяются для стопорения круглых гаек. Внутренний носок шайбы входит в паз вала или оси. После завинчивания гайки наружный носок шайбы отгибается, входя в прорезь круглой гайки (рис. 495).

Несколько одинаковых винтов, расположенных по окружности, стопорят проволокой (рис. 496). В головках винтов сверлят отверстия небольшого диаметра, в которые вводят проволоку. Концы проволоки скручивают плоскогубцами.

§ 8. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ НА СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

В целях экономии времени на выполнение сборочных чертежей по ГОСТу 2.109—68 рекомендуется применять упрощения и условности (дополнительно к указанным ранее).

На сборочном чертеже пяты пружинного амортизатора (рис. 497) при изображении некоторых элементов применен ряд условностей и упрощений по ГОСТу 2.109—68.

Например, профиль специальной резьбы показывают на местном разрезе (рис. 497, *а*).

Фаски и галтели (рис. 497, *б*, *в* и *д*), а также скругления, проточки, накатку, насечки, мелкие выступы и впадины не показывают.

Пружины в разрезе изображают двумя витками с каждого конца (рис. 497, *г*).

Сварное, паяное, клееное изделие в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют как монолитное тело (в одну сторону), изображая границы между деталями такого изделия сплошными основными линиями (рис. 497, *е*).

Составные части изделия, на которые выполнены самостоятельные чертежи, а также покупные изделия изображают на разрезах нерассеченными, например масленки (рис. 497, *ж*), подшипники качения и др.

Зазоры между стержнем и отверстием допускается не показывать (рис. 497, *з*).

Сбег резьбы и конусный конец глухого отверстия (рис. 497, *и*) на сборочных чертежах не изображают.

Одинаковые по форме и размерам равномерно расположенные элементы или детали на сборочном чертеже не вычерчивают, а изображают лишь один элемент или одну деталь, например отверстие или болт (рис. 497, *к*).

Покупные детали или изделия на сборочных чертежах допускается изображать в виде контурного очертания, без небольших выступов, впадин и других мелких элементов.

Крышки, щиты, кожухи на сборочных чертежах допускается не изображать, если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. Над изображением делают соответствующую надпись, например, *Крышка поз. 4 не показана.*

Линии перехода на сборочных чертежах вычерчивают упрощенно, заменяя лекальные кривые дугами окружностей или прямыми линиями.

На сборочных чертежах допускается оставлять часть изображения неразрезанным, как показано на чертеже (рис. 498, *а*) предохранительного клапана.

Допускается на сборочных чертежах изображать пограничные (соседние) изделия или их части («обстановку») и наносить размеры, определяющие их взаимное расположение (см., например, размер *l* на рис. 498, *а*).

Крайние положения деталей, перемещающихся при работе, показывают на сборочном чертеже штрихпунктирной тонкой линией (см. рычаг на рис. 498, *б*).

§ 9. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА С НАТУРЫ

При выполнении учебного сборочного чертежа различают четыре этапа.

1. Подготовительная работа. Приступая к выполнению сборочного чертежа изделия (или его части — сборочной единицы), необходимо подробно ознакомиться с назначением, устройством и взаимодействием отдельных частей этого изделия.

Рассмотрим последовательность выполнения сборочного чертежа направляющего блока (рис. 499). Эта сборочная единица устанавливается на металлоконструкции подъемного крана и служит для направления троса (стального каната).

Трос входит в желобок ролика *1* (рис. 499 и 500) и огибает ролик под определенным углом. Ролик *1* свободно вращается на оси *5*, которая

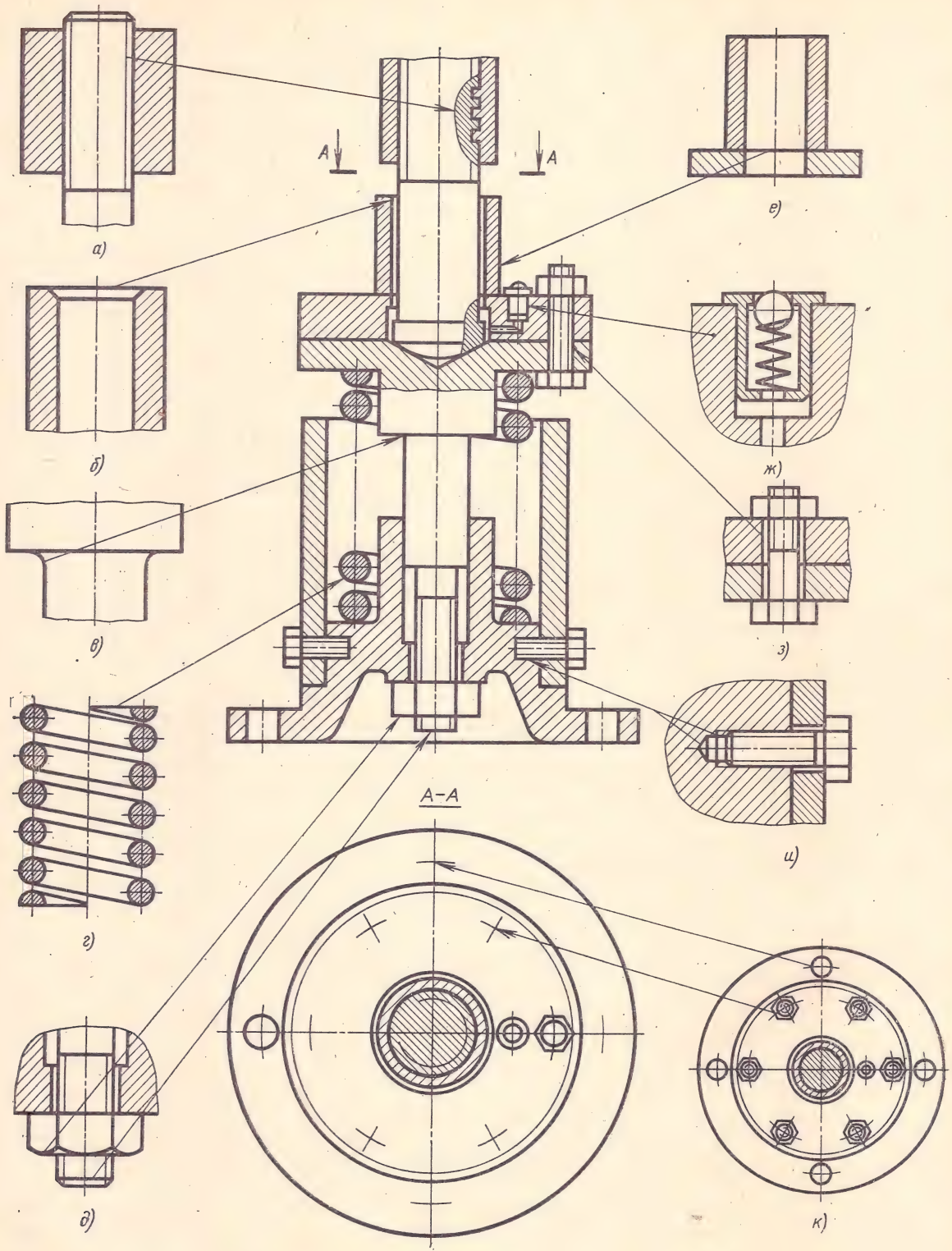


Рис. 497

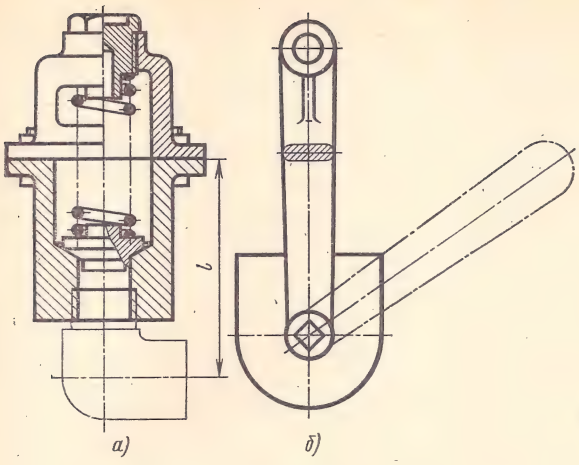


Рис. 498

неподвижно закреплена в ушках вилки *2* планкой *4*, входящей в прорезь оси *5*. Планка *4* соединена с вилкой *2* двумя болтами *7*.

Для уменьшения трения при вращении ролика из шариковой пресс-масленки *9* по цилиндрическим каналам в оси *5* на поверхность трения подается густая смазка.

Вилка *2* присоединяется четырьмя болтами *6* с гайками *8* к кронштейну *3*, который четырьмя болтами крепится к металлоконструкции крана.

Перед выполнением чертежа прежде всего надо самостоятельно разобрать блок, уяснить геометрические формы деталей, установить типы соединений деталей и последовательность сборочных операций (рис. 500).

Затем следует ознакомиться с паспортом блока, который должен иметься в чертежном кабинете.

В паспорте надо найти шифр изделия — подъемного крана, куда входит сборочная единица — блок направляющий, а также обозначение этой

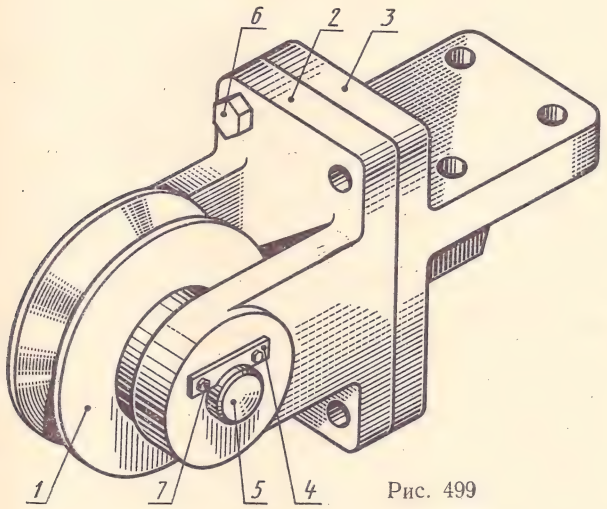


Рис. 499

сборочной единицы. В соответствии с обозначением блока направляющего присваивают обозначения входящим в него деталям и сборочным единицам.

Например, подъемный кран с индексом ПК.02 обозначается ПК.02.00.00.00; одна из сборочных единиц подъемного крана—блок направляющий— с номером 06 обозначается ПК.02.06.00. 00; одна из деталей блока направляющего — планка — с номером 03 обозначается ПК.02.06.00.03; одна из сборочных единиц блока направляющего — ролик с запрессованной в него втулкой — с номером 01 обозначается ПК.02.06.01.00 (рис. 501).

2. Эскизирование деталей. После подготовительной работы приступают к выполнению эскизов деталей блока (рис. 502), желательно на бумаге, графленной в клетку.

Эскизы кронштейна *3* и вилки *2* должны содержать три изображения: главный вид, вид сверху и вид слева, полностью выявляющие форму этих деталей. Отверстия в деталях показывают с помощью местных разрезов.

Эскиз планки *4* выполняют с фронтальным разрезом и видом сверху.

Для изображения оси *5* достаточно одного главного вида с частью фронтального разреза и сечения *А — А*, показывающего форму и расположение смазочных канавок.

При эскизировании неразъемного соединения ролика с втулкой, запрессованной в его отверстие, выполняют эскизы деталей, входящих в это соединение, — ролика (рис. 503, *а*) и втулки (рис. 503, *б*). Эскиз стандартной детали — винта — не выполняют.

Чертеж ролика в сборе с втулкой и стопорным винтом выполняют как чертеж сборочной единицы (рис. 503, *в*).

Отверстие для стопорного винта выполнено после сборки ролика с втулкой, поэтому на эскизах деталей (рис. 503, *а* и *б*) оно не показано. Все необходимые данные для обработки таких отверстий (изображение, размеры, знаки шероховатости и пр.) наносят на сборочном чертеже (рис. 503, *в*).

При простановке размеров на эскизах надо тщательно проверять размеры сопрягаемых (соприкасающихся) поверхностей деталей.

В основной надписи на эскизе указывают материал, из которого изготовлена деталь.

3. Составление спецификации. На сборочном чертеже составные части изделия обозначают номерами позиций в той последовательности, в которой они записаны в спецификации. Следовательно, спецификация должна быть составлена сразу после выполнения эскизов.

Спецификация представляет собой самостоятельный конструкторский документ и выпол-

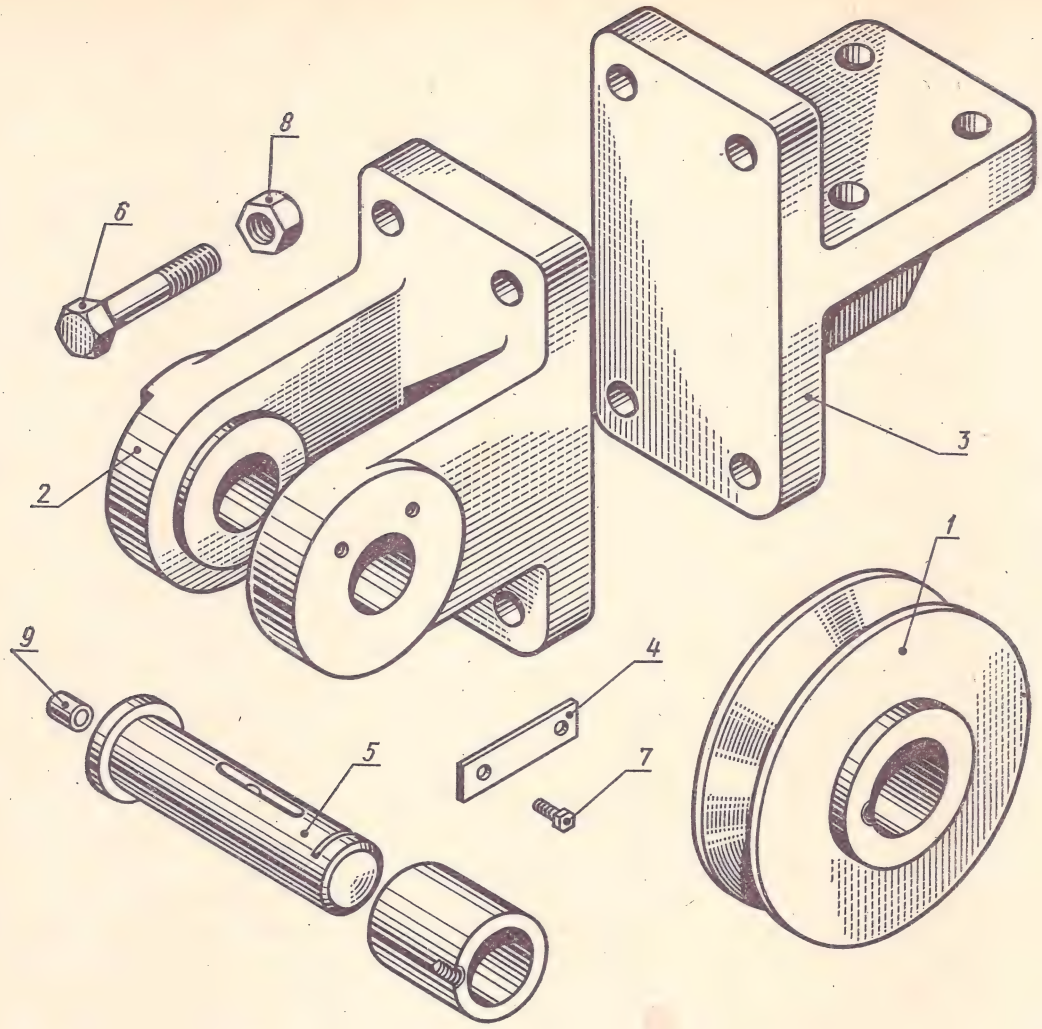


Рис. 500

няется на отдельных листах бумаги формата 11 (рис. 504).

Текст спецификации может быть написан «от руки» чертежным шрифтом, напечатан на машинке или выполнен типографским способом (ГОСТ 2.105—68).

Если сборочный чертеж выполняется на формате 11, то спецификацию допускается размещать на нем над основной надписью.

Учитывая специфику учебных сборочных чертежей, разрешается помещать спецификацию на сборочном чертеже, выполненном на листе любого формата (см. рис. 501).

В спецификацию вносят:

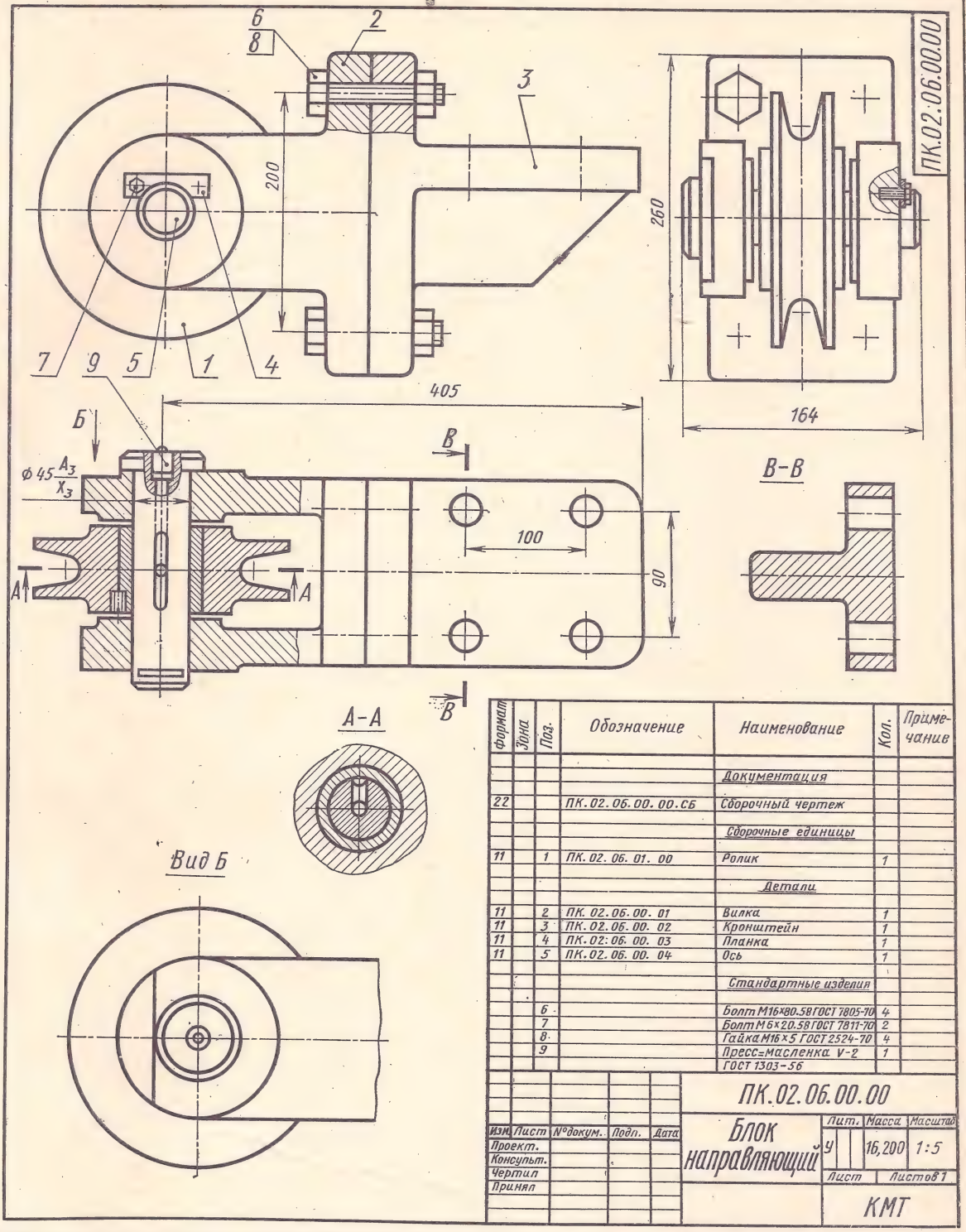
а) номера позиций, обозначения, наименования и количество составных частей, входящих в специфицируемое изделие;

б) наименования конструкторских документов (чертежей, паспортов и т. п.), относящихся к этому изделию, а также к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация составляется на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по форме, установленной ГОСТом 2.108—68.

Основная надпись спецификации отличается от основной надписи чертежа и выполняется по ГОСТу 2.104—68 (форма 2). Форма и размеры граф этой основной надписи и спецификации показаны на рис. 504.

При большом количестве частей изделия, когда спецификацию приходится выполнять на нескольких листах формата 11, основная надпись на последующих листах отличается от основной надписи на первом листе.



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
22			ПК.02.06.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
11		1	ПК.02.06.01.00	Ролик	1	
				Детали		
11		2	ПК.02.06.00.01	Вилка	1	
11		3	ПК.02.06.00.02	Кронштейн	1	
11		4	ПК.02.06.00.03	Планка	1	
11		5	ПК.02.06.00.04	Ось	1	
				Стандартные изделия		
		6		Болт М16×80.58 ГОСТ 7805-70	4	
		7		Болт М6×20.58 ГОСТ 7811-70	2	
		8		Гайка М16×5 ГОСТ 2524-70	4	
		9		Пресс-масленка У-2 ГОСТ 1303-56	1	

ПК.02.06.00.00

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Блок направляющий	Лит.	Масса	Масштаб
Проект.						У	16,200	1:5
Консульт.								
Чертил						Лист	Листов 1	
Принял						КМТ		

Рис. 501

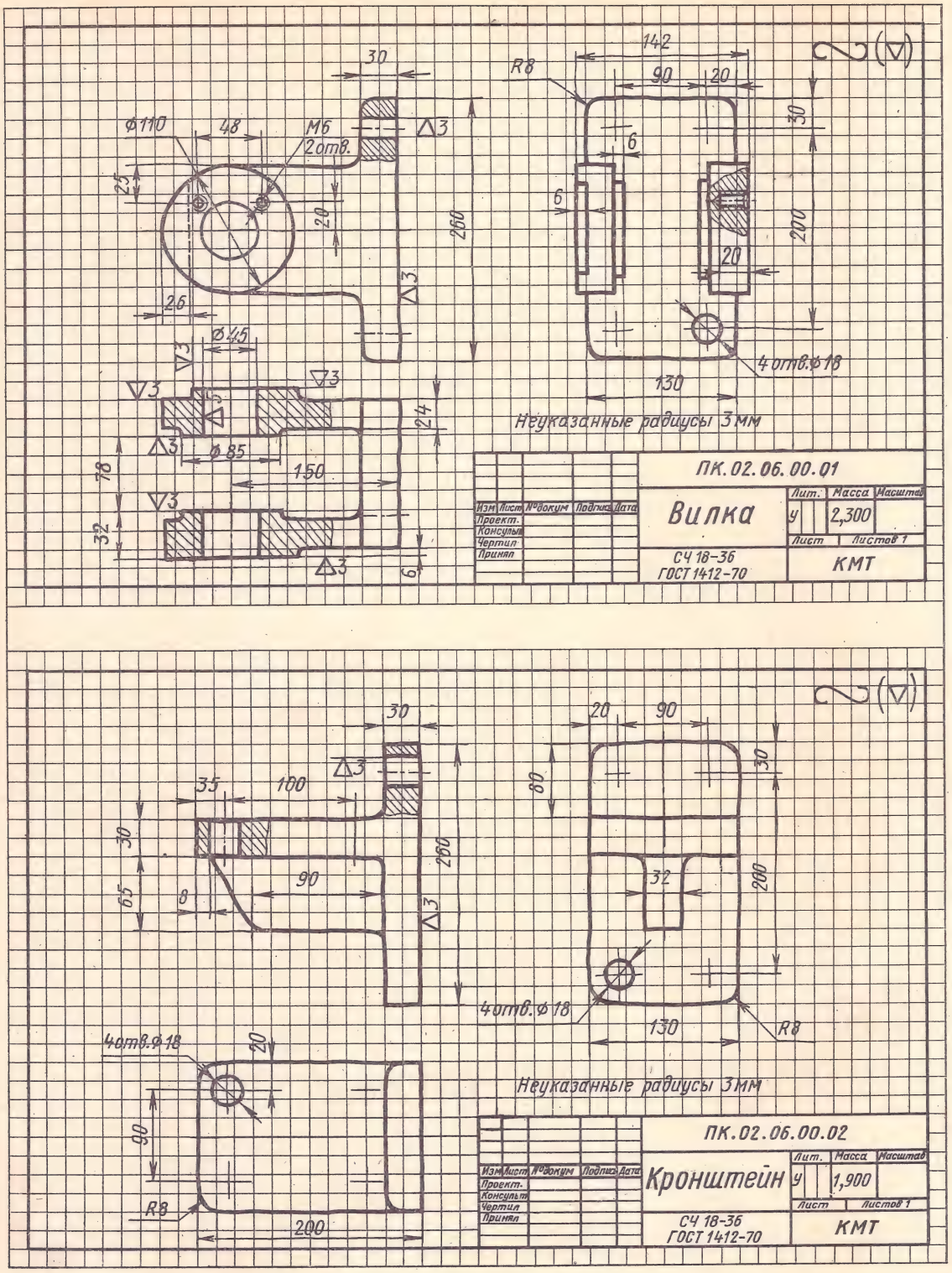
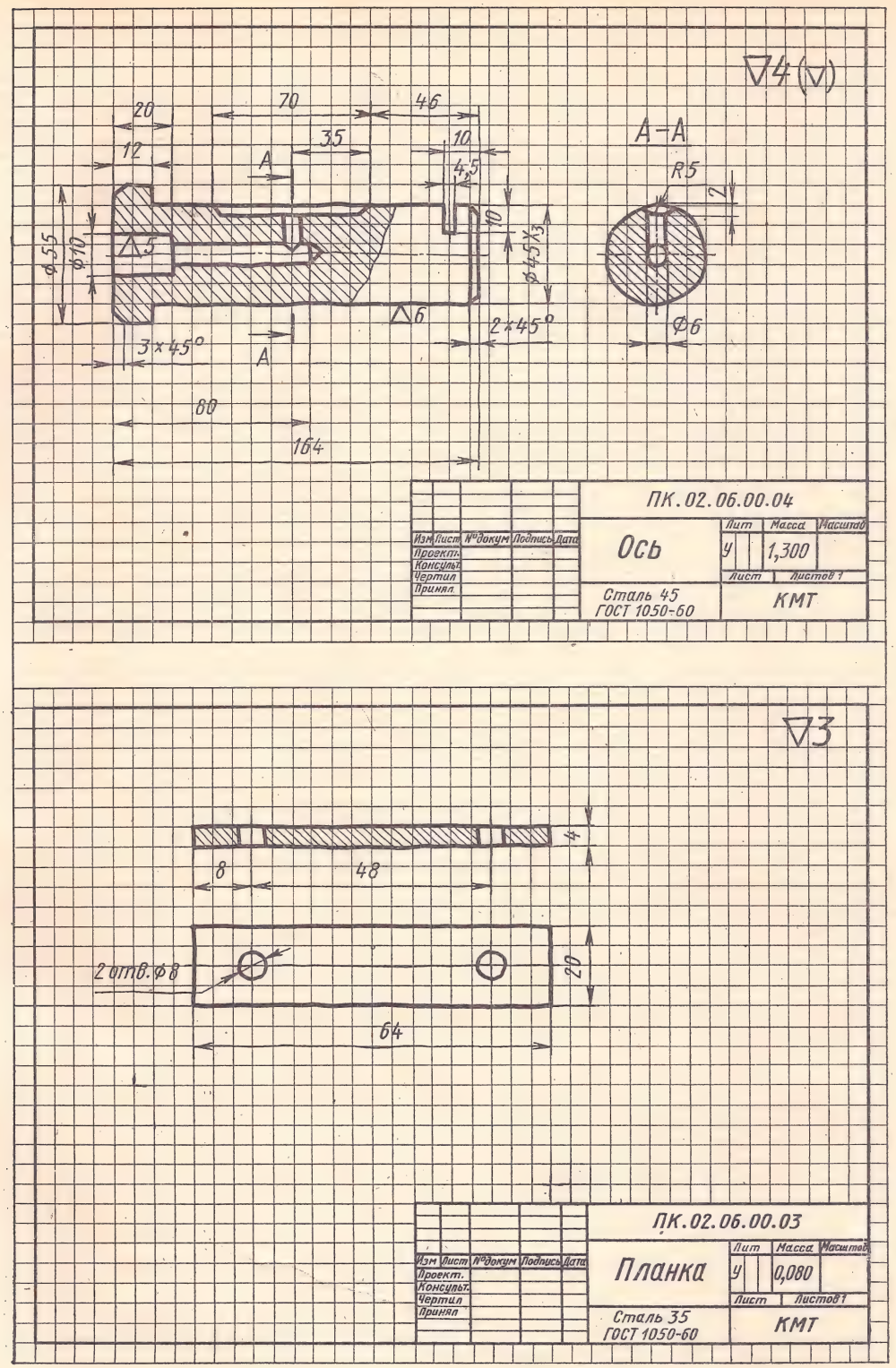

ПК.02.06.00.01
Вилка
СЧ 18-36
ГОСТ 1412-70
КМТ
Неуказанные радиусы 3мм
ПК.02.06.00.02
Кронштейн
СЧ 18-36
ГОСТ 1412-70
КМТ
Неуказанные радиусы 3мм

Рис. 502



Продолжение рис. 502

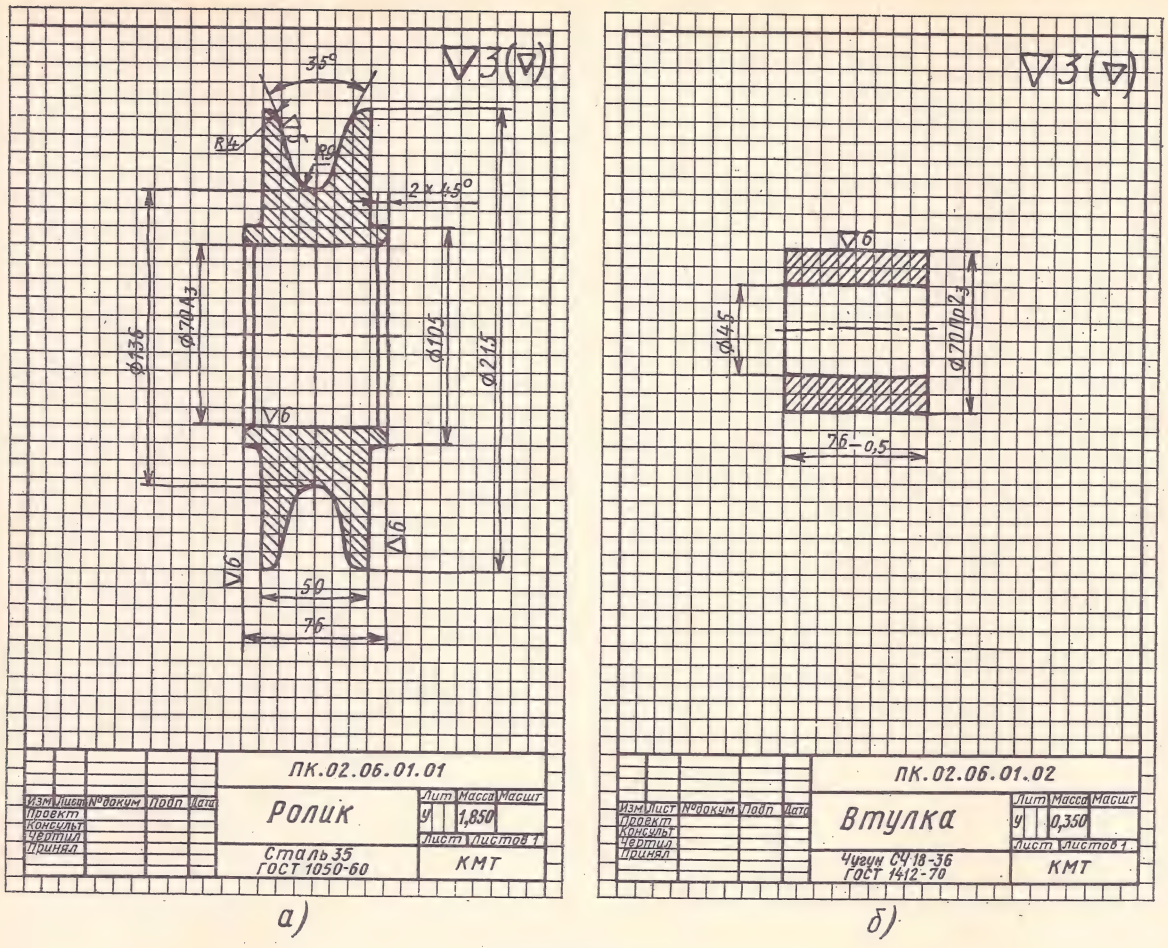


Рис. 503, а, б

Основная надпись последующих листов спецификации выполняется по ГОСТу 2.104—68, по форме 2а (рис. 505).

Спецификации в общем случае состоят из разделов, которые располагают в следующем порядке:

документация;
комплексы;
сборочные единицы;
детали;
стандартные изделия;
прочие изделия;
материалы;
комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия. Название каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В нашем примере (рис. 504) четыре раздела: «Документация», «Сборочные единицы», «Детали» и «Стандартные изделия».

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей и по одной строке после каждого заголовка.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

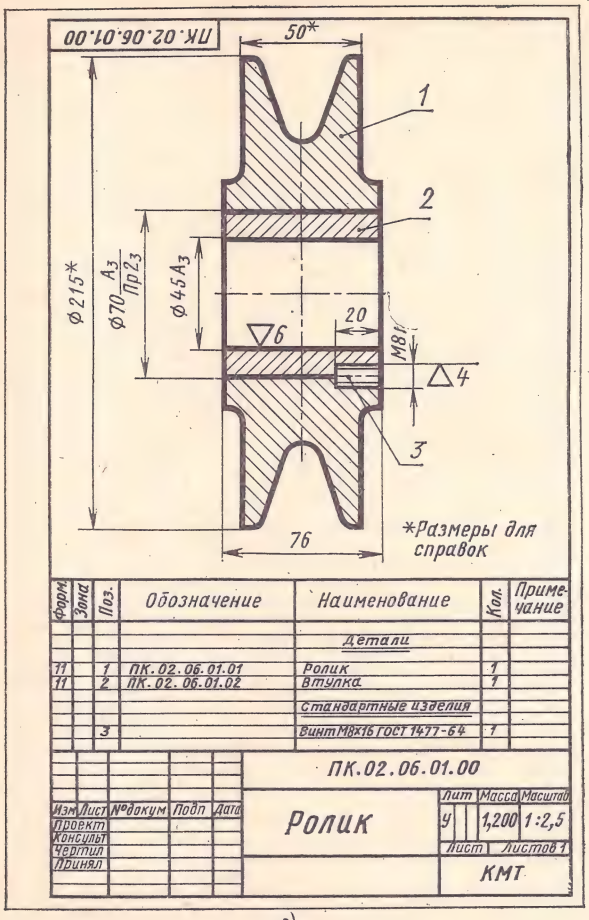
в графе «Формат» записывают обозначение формата конструкторского документа (чертежа). Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе записывают: БЧ;

в графе «Зона» указывают (для сложных чертежей больших размеров) обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части изделия;

в графе «Поз.» (позиция) указывают порядковые номера составных частей изделия. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют;

в графе «Обозначение» записывают обозначения конструкторских документов. Обозначения сборочного чертежа и спецификации к нему одинаковые, но в обозначение сборочного чертежа добавляют две буквы СБ — сборочный (см. рис. 504);

в графе «Наименование» указывают наименования документов, изделий и их составных частей



в)

Рис. 503, в

в соответствии с разделами спецификации, например:

Разделы	Примеры записи
Документация	Сборочный чертеж. Монтажный чертеж. Технические требования. Паспорт
Комплексы	Аппаратура для механизации удаления отходов чесальных машин: качающийся транспортер, крыльчатый вентилятор, сито, ленточный транспортер, гидравлический пресс
Сборочные единицы	Корпус сварной. Армированные изделия
Детали	Вал. Колесо зубчатое. Крышка
Стандартные изделия	Болт. Гайка. Шплинт
Прочие изделия . . .	Лимб. Нониус. Пробка резьбовая
Материалы	Сталь угловая. Проволока. Резина
Комплекты	Комплект запасных частей ткацкого автомата. Комплект сменных частей к рольгангу

в раздел «Прочие изделия» вносят нестандартные изделия, изготовляемые по отраслевым нормалям, например, по нормалям станкостроения (лимб, нониус) или по нормалям машиностроения (пробка резьбовая);

в графе «Кол.» (количество) указывают количество составных частей в изделии;

в графе «Примечание» записывают дополнительные данные, например, для деталей, на которые не выпущены чертежи, — массу.

Стандартные изделия записывают в спецификацию в алфавитном порядке с теми наименованиями и обозначениями, которые им присвоены соответствующими стандартами (табл. 26).

Более подробные сведения о заполнении спецификации можно найти в ГОСТе 2.108—68.

4. **Выполнение сборочного чертежа.** По эскизам выполняют сборочный чертеж блока направляющего (рис. 501). Сборочный чертеж должен содержать необходимые сведения для сборки и контроля изделия.

Сборочный чертеж выполняют в таком порядке:

1) определяют количество изображений;
2) устанавливают масштаб изображений;
3) выбирают формат сборочного чертежа;
4) вычерчивают изображения тонкими линиями;
5) обводят чертеж линиями по ГОСТу 2.303—68, наносят размеры, надписи и пр. Оформляют сборочный чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД.

Количество изображений должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы получить полное представление о форме и размерах изделия.

При выборе масштаба предпочтение отдается изображению изделия в действительную (натуральную) величину в масштабе 1 : 1. Однако для изделий небольших или весьма больших размеров следует масштаб уменьшать или увеличивать согласно ГОСТу 2.302—68.

Формат чертежа должен быть выбран с таким расчетом, чтобы поле чертежа использовалось рационально.

На сборочном чертеже (рис. 501) блок направляющий изображен в рабочем положении. На чертеже имеются главный вид, вид сверху, вид слева, сечения $A — A$ и $B — B$ и местный вид $Б$.

Для того чтобы показать соединение деталей *2* и *3* болтами, на главном виде сделан местный разрез.

Часть разреза на виде сверху показывает соединение деталей *1*, *2* и *5*.

Местный разрез на виде слева показывает соединение детали *5* с деталью *2* при помощи деталей *4* и *7*.

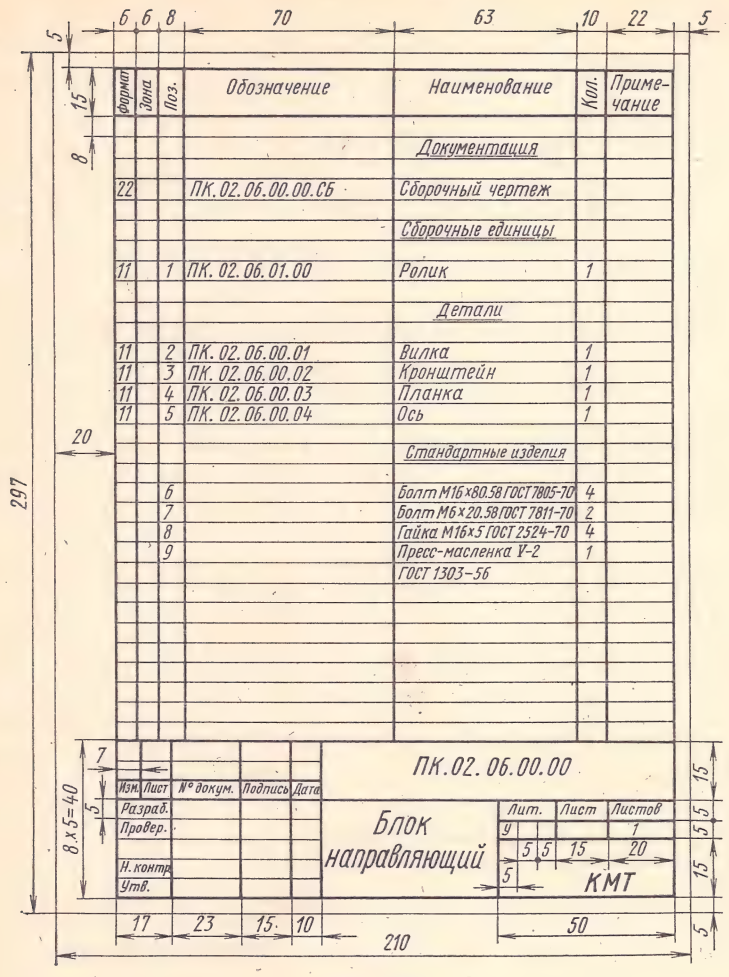


Рис. 504

Форма выреза детали *2* видна на местном виде *Б*.

Отверстия и каналы для смазки показаны на сечении *А — А*.

После измерения габаритных размеров сборочной единицы выбирают масштаб изображения и формат листа. На листе сплошными тонкими линиями вычерчивают прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изображений. Между прямоугольниками оставляют место для расположения линий-выносок и размерных линий. С правой стороны внизу листа заполняют основную надпись и спецификацию (рис. 501).

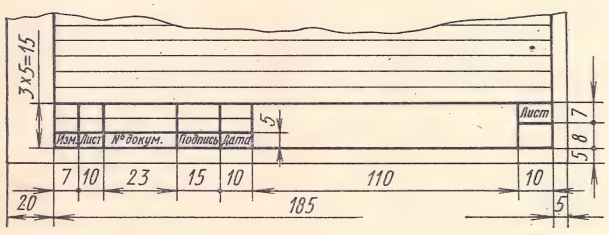


Рис. 505

Выполнение чертежа начинают с вычерчивания главного вида кронштейна *1* и вилки *2*, размеры которых берутся с эскизов.

В большинстве случаев последовательность сборки деталей определяет порядок вычерчивания сборочной единицы.

В рассматриваемом случае детали *2* и *3* соединяют болтами, затем в ролик запрессовывают втулку, которую стопорят винтом. Отверстие для винта сверлят и нарезают одновременно (совместно) в обеих деталях после их сборки.

Сборочную единицу из трех деталей вставляют в раствор вилки *2* и соединяют с ней осью *5*. Ось *5* планкой *4* и болтами *7* крепят к вилке *2*. Масленку *9* запрессовывают в ось *5* заранее.

После вычерчивания изображений проставляют габаритные и присоединительные размеры, наносят допуски и посадки. На учебных чертежах допуски и посадки не проставляют.

Номера позиций на сборочном чертеже проставляют на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Номера позиций следует указывать на том изображении, где эта часть изделия проецируется как видимая.

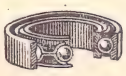
Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельны линиям штриховки, по возможности не должны пересекать изображение других составных частей, а также размерных линий чертежа.

На сборочном чертеже составные части изделия нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации.

Номера позиций на сборочном чертеже наносят, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей. При этом надо все повторяющиеся номера позиций проставлять на двойной полке (см. поз. *2* на рис. 501).

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа и группируют их в колонку или строчку, т. е. по вертикальной или по горизонтальной прямой (рис. 501).

Условные обозначения стандартных изделий

Стандартное изделие	Пример условного обозначения	Расшифровка обозначения
	Болт М10×60.58 ГОСТ 7798—70	Болт с шестигранной головкой нормальной точности исполнения 1, диаметром резьбы 10 мм, длиной 60 мм, класса прочности 5.8, с крупным шагом метрической резьбы, без покрытия
	Шпилька М16×120 $\frac{20}{38}$ *ГОСТ 11765—66*	Шпилька типа А с метрической резьбой диаметром 16 мм, длиной 120 мм, с крупным шагом резьбы, без покрытия; длина ввинчиваемого резьбового конца 20 мм, длина резьбового конца для гайки 38 мм
	Шайба 20×4 ГОСТ 11371—68	Шайба исполнения 1, толщиной 4 мм, предназначенная для болта, винта или шпильки диаметром 20 мм
	Шайба 20Л65Г ГОСТ 6402—70	Шайба пружинная для болта, винта или шпильки диаметром 20 мм, легкая, из стали марки 65Г, без покрытия
	Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70	Гайка шестигранная нормальной точности исполнения 1 с метрической резьбой диаметром 12 мм, класса прочности 5, с крупным шагом резьбы, без покрытия
	Шплинт 4×45 ГОСТ 397—66	Шплинт с условным диаметром 4 мм (диаметр отверстия), длиной 45 мм, без покрытия
	Винт М12×50.58 ГОСТ 17475—72	Винт с потайной головкой исполнения 1, диаметром резьбы 12 мм, длиной 50 мм, класса прочности 5.8, с крупным шагом метрической резьбы, без покрытия
	Штифт цилиндрический $10C_4 \times 40$ *ГОСТ 3128—60*	Штифт цилиндрический диаметром $10C_4$, длиной 40 мм
	Шпонка 18×11×100 ГОСТ 8789—68	Шпонка призматическая исполнения 1, с размерами $b = 18$ мм; $h = 11$ мм; $l = 100$ мм
	*Шарикоподшипник 208 ГОСТ 8338—57*	Шарикоподшипник радиальный однорядный легкой серии, габаритные размеры 80×40×18 мм
	Масленка V-2Б ГОСТ 1303—56	Пресс-масленка под запрессовку типа V № 2 с буртиком

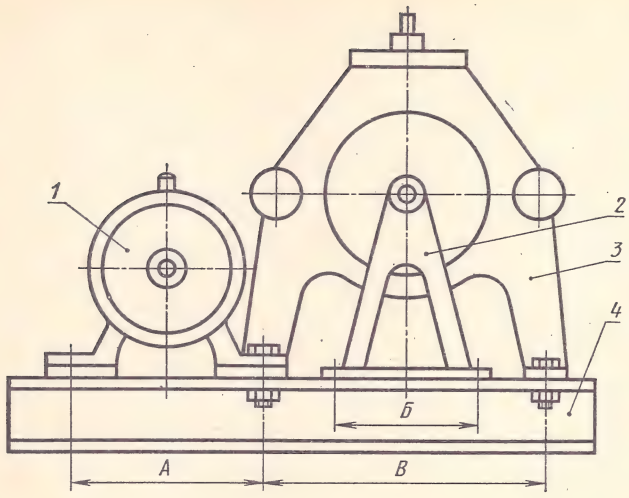


Рис. 506

Шрифт номеров позиций должен быть на один или два размера больше шрифта размерных чисел.

Для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления, допускается проводить общую линию-выноску (см. поз. *6* и *8* на рис. 501). В этом случае номера позиций располагают вертикально и полки линий-выносок соединяют тонкой линией.

На сборочном чертеже допускается показывать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами (см. рис. 498).

На сборочном чертеже проставляют установочные, присоединительные, а также необходимые справочные размеры (см. рис. 498).

Для элементов изделия, которые соединяются с сопрягаемыми изделиями, например, для зубчатых колес, зацепляющихся с колесами другого изделия, указывают модуль, количество и направление зубьев.

Установочные размеры показаны на чертеже установки трехвалкового стана (рис. 506).

Для установки стана *3* на раме *4* необходимо знать расстояние *В* между осями крепящих болтов.

Для установки на этой раме стойки подшипников *2* и электродвигателя *1*, приводящего в движение механизм прокатного стана, также нужны монтажные размеры *А*, *Б* и др.

Размеры для справок, отмеченные на сборочных чертежах знаком *, не требуются для сборки или контроля изделия.

§ 10. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К сборочным чертежам неразъемных соединений относятся чертежи сборочных единиц, изготовленных сваркой, пайкой, склеиванием, клепкой, опрессовкой металлической арматуры пластмассой и др.

Сборочный чертеж сварного изделия показан на рис. 507.

На отдельные детали сварного изделия выполняют рабочие чертежи. В некоторых случаях, например при индивидуальном производстве изделий, рабочие чертежи деталей допускается не выполнять. На заводе эти детали будут изготовлять по сборочному чертежу сварного изделия. Поэтому на таком чертеже указывают размеры готового сварного соединения, размеры деталей, материал и другие необходимые данные для их изготовления и контроля.

В этом случае в спецификации в графе «Формат» вместо размера формата проставляют буквы «БЧ» (без чертежа), а в графе «Наименование» под наименованием детали указывают все данные о материале детали.

Если деталь сварного соединения изготовлена, например, из угловой, швеллерной, двутавровой прокатной стали, то размеры проката указывают в спецификации в разделе «Материалы» (рис. 507). На изображении наносят размеры и шероховатость дополнительно обрабатываемых поверхностей этих деталей.

На сборочном чертеже изделия индивидуального производства допускается указывать данные о подготовке кромок под сварку непосредственно на изображении соединения или в виде выносного элемента.

Если для изготовления деталей изделий индивидуального производства, на которые допускается не выполнять рабочие чертежи, недостаточно сведений, то на сборочном чертеже (на свободном месте) помещают изображение такой детали или ее элементов. На одном сборочном чертеже допускается изображать не более четырех деталей.

На рабочем сборочном чертеже сварного изделия (рис. 507) показано, что ушко *1* выполнено из полосовой стали марки Ст 3. Сварной шов показан на изображениях основной контурной линией. На главном виде нанесены условные обозначения швов.

Ушко *1* и втулка *2* соединены с уголком *3* ручной электродуговой сваркой (ГОСТ 5264—69), соединение тавровое, без скоса кромок. Размер катетов швов равен 4 мм.

Ушко приварено к угольнику двусторонним швом (обозначение Т3), а втулка — односторонним швом (обозначение Т1).

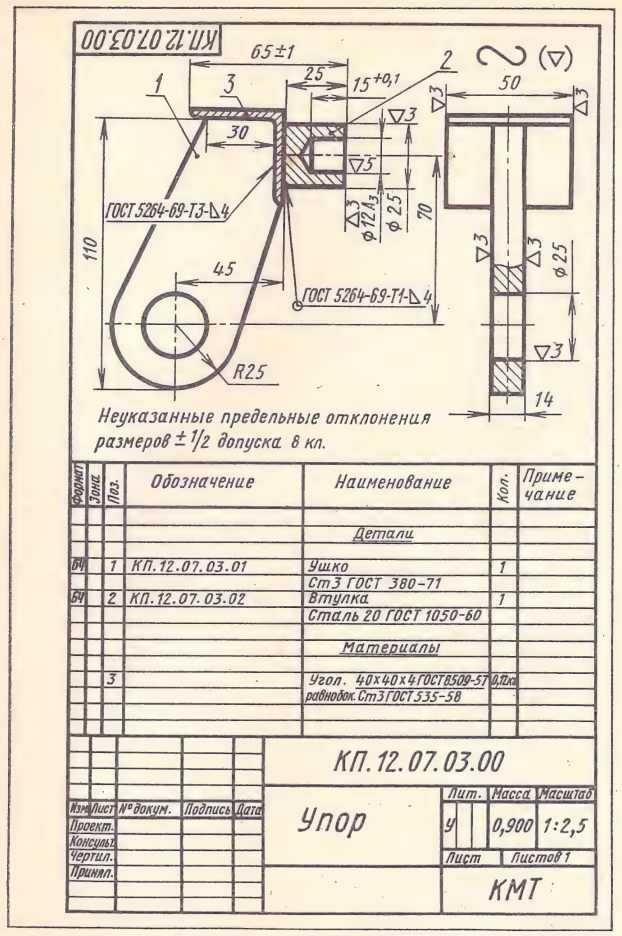


Рис. 507

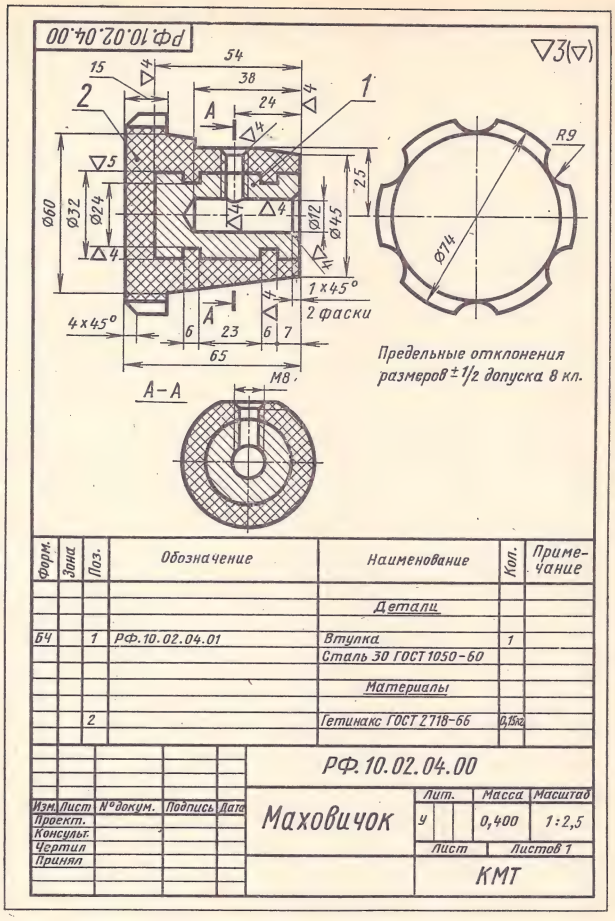


Рис. 508

Вспомогательный знак ○ означает, что шов выполнен по замкнутой линии.

Чертеж выполнен на формате 11, поэтому спецификация помещена на поле чертежа.

Сварное, паяное, клееное изделие в сборе с другими изделиями, в разрезах и сечениях штрихуют как монолитное тело (в одну сторону), изображая границы между деталями сварного изделия сплошными основными линиями (см. рис. 497, *е*).

Если изделия изготовляют с применением наплавки или заливки каких-либо поверхностей или элементов деталей металлом, сплавом, пластмассой, резиной и т. д., то чертежи на такие детали допускается не выполнять. Чертежи таких изделий, называемых армированными, оформляют так же, как сборочные.

На наплавляемый металл, сплав, пластмассу, резину, которыми заливают армирующие детали, а также на отливки, с которыми соединяются в процессе литья одна или несколько деталей, чертежи не выпускают и обозначения им не присваивают. В спецификацию сборочной единицы их записывают как материал с указанием в графе «Кол.» их массы (рис. 508).

На чертежах армированных сборочных единиц указывают размеры поверхностей или элементов под наплавку, заливку и т. п., размеры готовой сборочной единицы и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

На чертеже маховичка (рис. 508) втулка является стальной арматурой, которая заливается пластмассой.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каковы правила нанесения номеров позиций на сборочных чертежах?
2. Как и какими линиями на сборочных чертежах допускается изображать пограничные (соседние) изделия?
3. Как оформляют чертежи сварных, клепаных и армированных изделий?
4. В чем заключается условность изображения деталей, находящихся за пружиной?
5. Как штрихуют в разрезе соприкасающиеся детали?
6. Какие размеры проставляют на сборочном чертеже?

ГЛАВА 8

ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Сборочный чертеж служит для сборки и контроля изделия. В учебном процессе сборочные чертежи обычно используются для выполнения рабочих чертежей деталей (деталирования).

Чтение сборочных чертежей при деталировании развивает умение мысленно представлять форму деталей по их изображениям.

При выполнении рабочих чертежей размеры деталей берут непосредственно со сборочного чертежа, измеряя их линейкой и циркулем с учетом масштаба сборочного чертежа.

Перед деталированием необходимо прочитать сборочный чертеж. Вначале надо внимательно разобраться в данном чертеже, выяснив, какие составные части входят в изделие, изображенное на нем. Для этого следует ознакомиться со спецификацией. По номерам позиций, имеющимся в спецификации, находят на сборочном чертеже изображения каждой детали, выявляя в общих чертах форму и размеры деталей.

Затем выявляют назначение, устройство, взаимодействие деталей изображенного изделия, а также взаимное расположение деталей и способы их соединения.

Для получения полного представления о геометрической форме деталей при чтении сборочного чертежа надо помнить о проекционной связи точек, линий и поверхностей данной детали, а также о том, что на всех разрезах одна и та же деталь штрихуется в одном направлении, а смежные детали — в различных направлениях.

Прочитав сборочный чертеж, следует назначить необходимое (наименьшее) число изображений каждой детали. Например, для того чтобы изготовить втулку (рис. 509, *а*), достаточно одного ее изображения; для крышки сальника (рис. 509, *б*) необходимо два изображения; для изготовления кронштейна (рис. 509, *в*) нужно вычертить три основных вида, дополнительный вид и разрезы — местные и профильный.

Расположение изображений детали на рабочем чертеже не должно быть обязательно таким же, как на сборочном чертеже. При вычерчивании видов, разрезов и сечений следует руководствоваться рекомендациями ГОСТа 2.305—68.

Для каждой детали выбирают масштаб по ГОСТу 2.302—68 с учетом формы и размеров детали. Чем сложнее форма детали, тем больше линий и размеров будет на чертеже, поэтому такие детали нужно вычерчивать в более крупном масштабе.

Мелкие проточки, углубления, выступы и т. п. целесообразно изображать в виде выносных элементов.

Рабочие чертежи деталей выполняют на отдельных листах бумаги стандартного формата.

Пример выполнения рабочего чертежа детали по сборочному чертежу. На сборочном чертеже (рис. 510) изображен клапан-пистолет для продувки отливок струей углекислого газа.

Прежде чем приступать к деталированию, надо прочитать описание устройства и работы изделия и получить общее представление о его форме (рис. 511).

Корпус *1* присоединяется правым патрубком, на который надевают резиновый шланг, к баллону с углекислым газом. Углекислый газ через

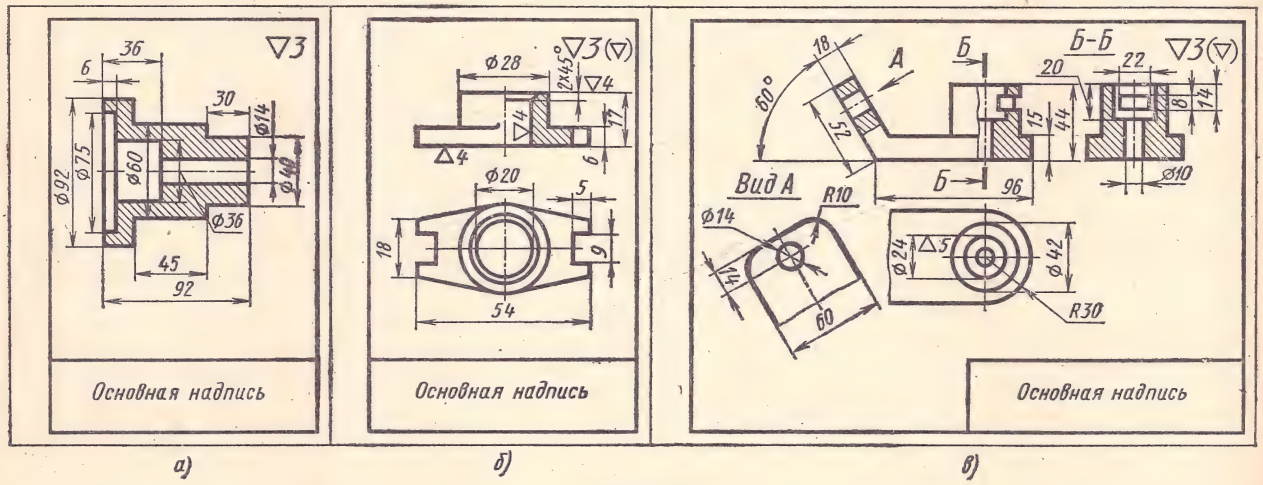
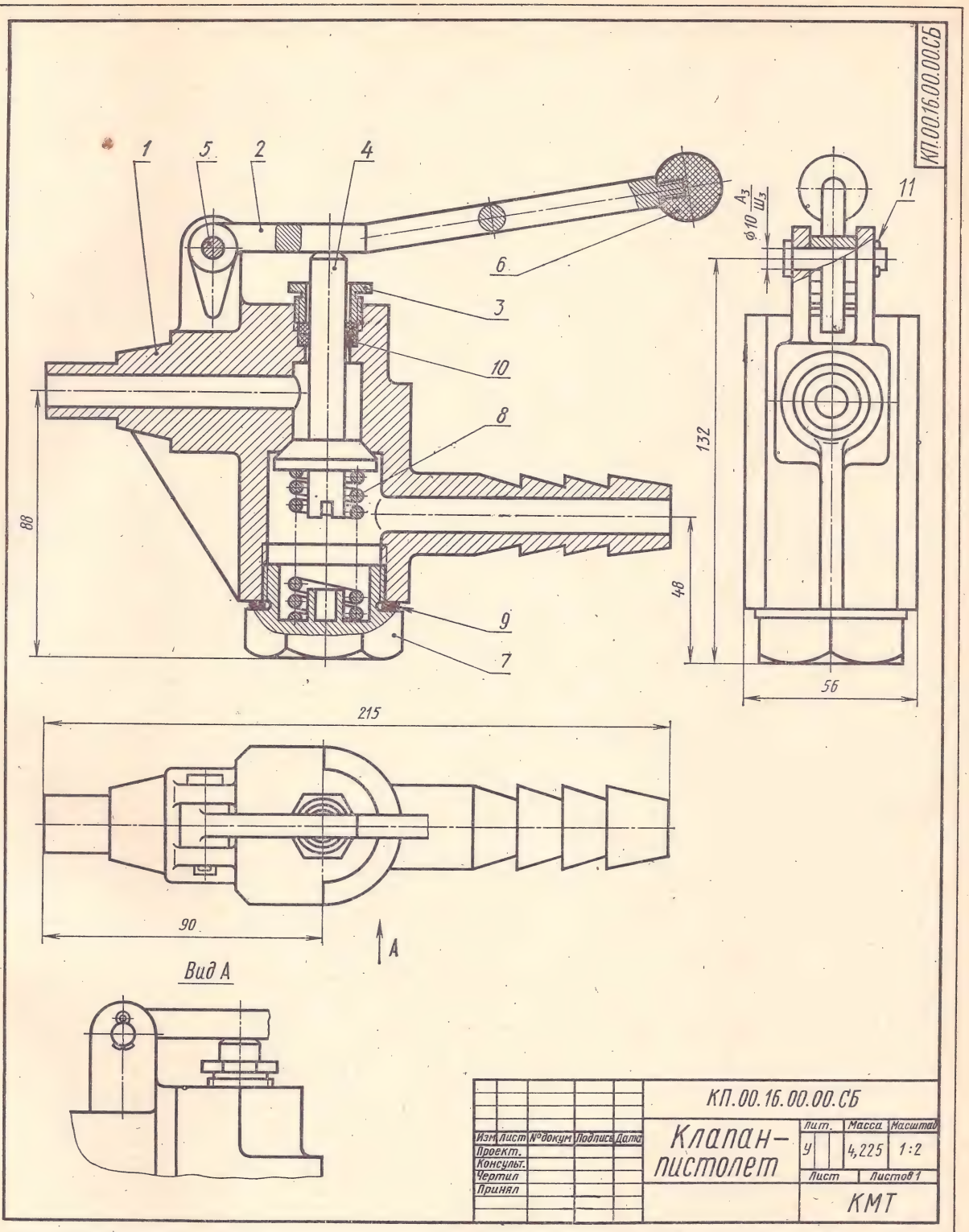


Рис. 509



						КП.00.16.00.00.СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			Лит.	Масса	Масштаб
Проект.					Клапан-пистолет		У	4,225	1:2
Консульт.							Лист	Листов 1	
Чертил							КМТ		
Принял									

Рис. 510

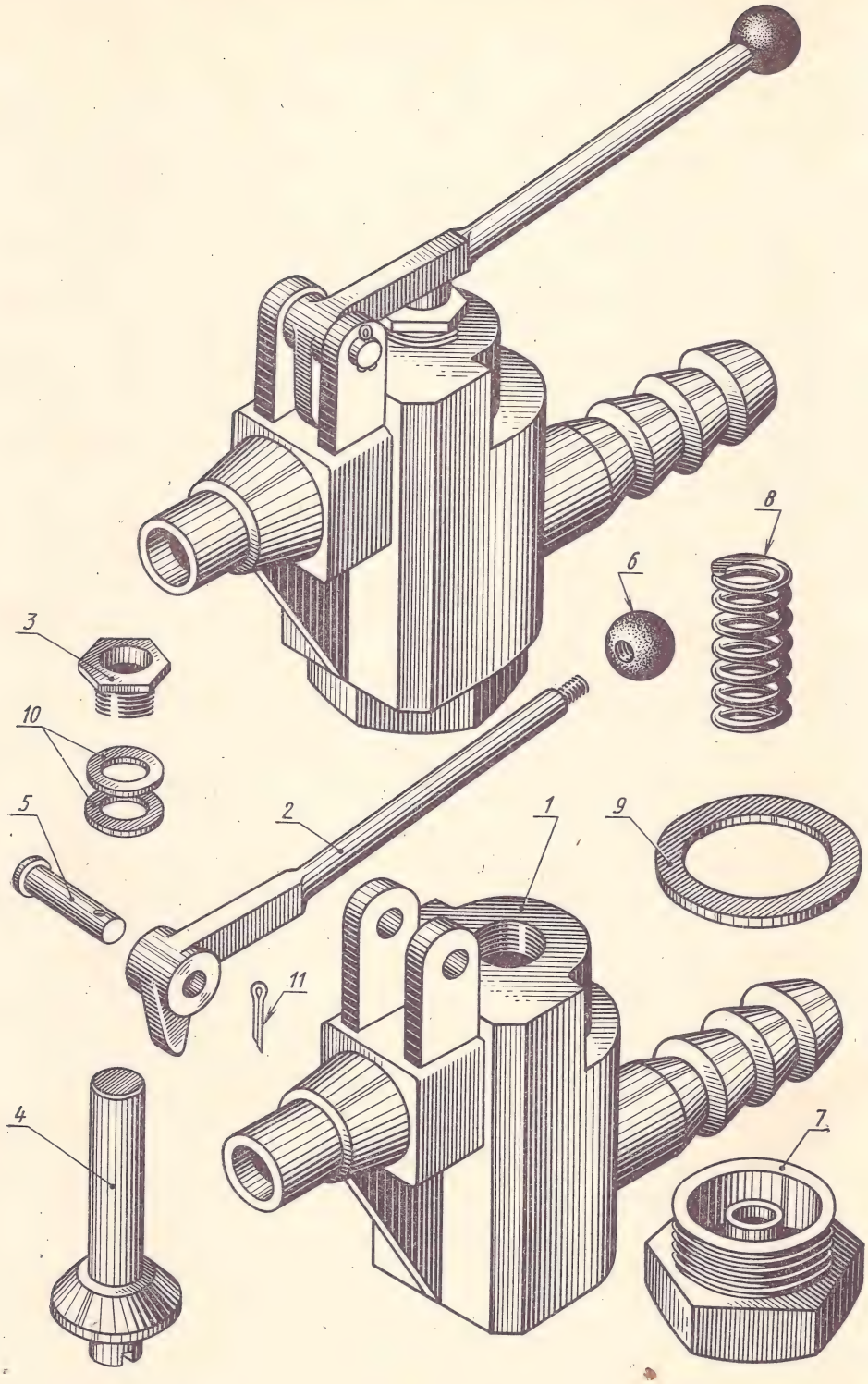


Рис. 511

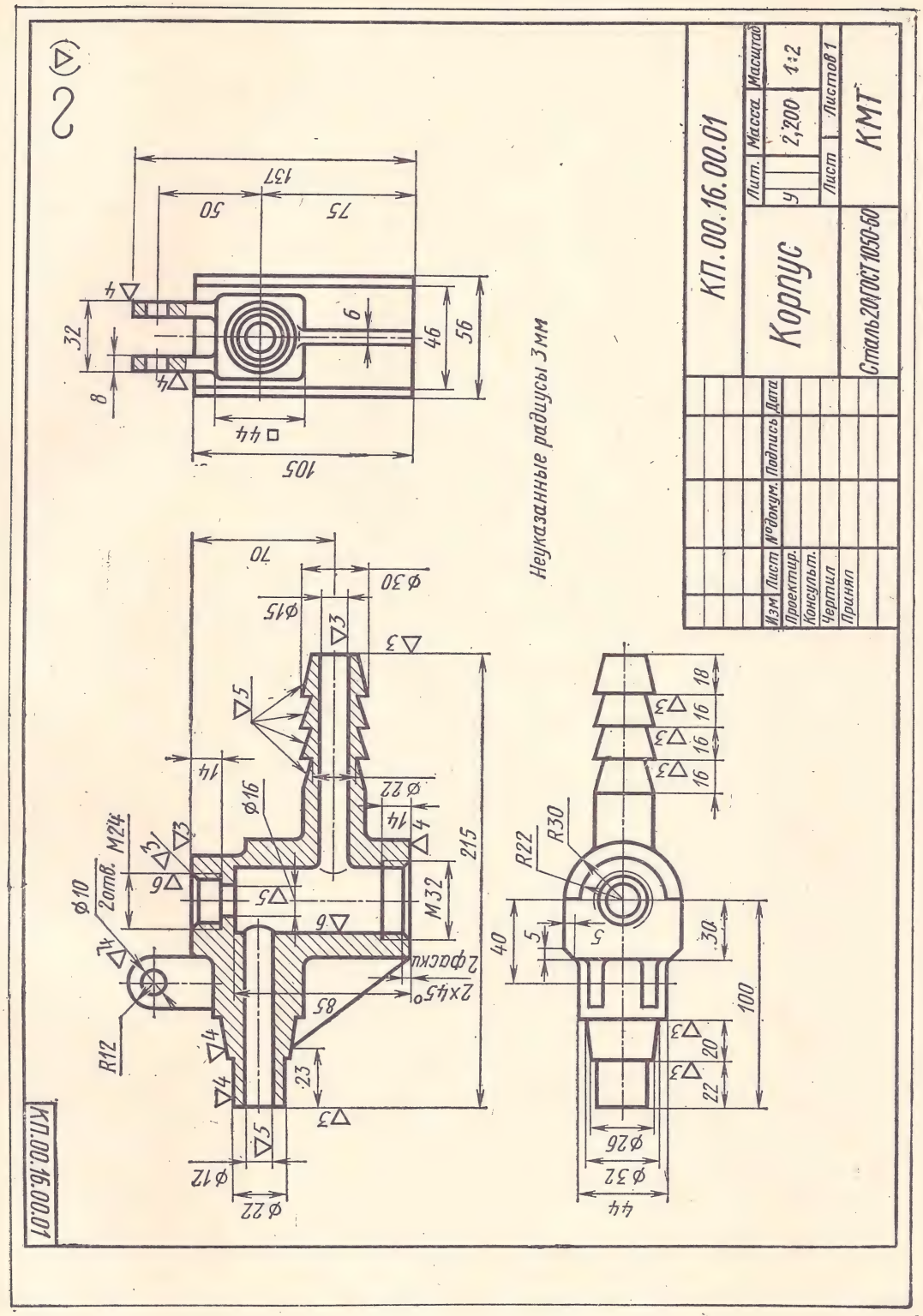

КП.00.16.00.01
Корпус
Сталь20ГОСТ1050-60
КМТ
Лит.
Масса
Масштаб
2,200
1:2
Лист
Листов 1
Изм
Лист
№докум.
Подпись
Дата
Проектир.
Консульт.
Чертил
Принял
Неуказанные радиусы 3мм
137
50
75
32
8
6
46
56
□44
105
70
Ø30
Ø15
14
Ø16
Ø22
215
M24
Ø10
2отв.
M32
2фаски
2x45°
85
23
R12
Ø12
Ø22
R22
R30
40
5
30
100
20
22
Ø26
Ø32
44
18
16
КП.00.16.00.01

Рис. 512

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
24			КП.00.16.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
12		1	КП.00.16.00.01	Корпус	1	
11		2	КП.00.16.00.02	Рукоятка	1	
11		3	КП.00.16.00.03	Гайка накидная	1	
11		4	КП.00.16.00.04	Клапан	1	
11		5	КП.00.16.00.05	Палец	1	
11		6	КП.00.16.00.06	Наконечник	1	
11		7	КП.00.16.00.07	Гайка регулировочная	1	
11		8	КП.00.16.00.08	Пружина	1	
11		9	КП.00.16.00.09	Прокладка	1	
11		10	КП.00.16.00.10	Кольцо	2	
				Стандартные изделия		
		11		Шплинт 5×20 ГОСТ 397-66	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КП.00.16.00.00			
Проект.					Клапан-пистолет	Лит.	Лист	Листов
Консульт.						У		1
Чертил						КМТ		
Принял								

Рис. 513

открытый клапан *4* и левый патрубок направляется на обдуваемую поверхность. В закрытом положении клапан *4* прижат к конической поверхности корпуса *1* пружиной *8*.

Для открытия клапана нужно нажать на правый конец рукоятки *2* с наконечником *6*, преодолевая действие пружины *8*.

Рукоятка *2* поворачивается вокруг пальца *5*, входящего в отверстия ушков корпуса *1*. Язычок рукоятки, упираясь в корпус *1*, ограничивает величину подъема рукоятки. Выпадение пальца *5* из отверстий предупреждается разводным шплинтом *11*.

Регулировочной гайкой *7* можно изменять силу давления пружины *8* на клапан *4*.

Кольцевая прокладка *9* уплотняет зазор между корпусом *1* и гайкой *7*.

Для предупреждения протекания углекислого газа через зазор между хвостовиком клапана *4* и отверстием в корпусе *1* служат пластмассовые кольца *10*. При завинчивании накидной гайки *3* кольца *10* уплотняют зазор.

Вырез (шлиц) внизу клапана *4* служит для захвата клапана инструментом при притирке конических поверхностей клапана и корпуса.

Уяснив назначение и устройство сборочной единицы (рис. 510), надо ознакомиться с содержанием спецификации (рис. 513).

Представив форму каждой детали (рис. 511), можно приступить к выполнению учебных рабочих чертежей деталей.

Рабочий чертеж корпуса клапана-пистолета представлен на рис. 512. Для полного представления о форме детали на рабочем чертеже нужно вычертить фронтальный разрез, вид слева и вид сверху. На фронтальном разрезе видны полости и отверстия, на виде слева с местным разрезом — отверстия в ушках.

Все указанные изображения можно разместить на листе формата 12 в масштабе 1 : 2.

После вычерчивания изображений наносят обозначения шероховатости поверхностей, проводят размерные и выносные линии, проставляют размерные числа. В основной надписи чертежа записывают обозначение материала детали.

Аналогично выполняют чертежи остальных деталей сборочной единицы.

Чертежи стандартных изделий обычно не выполняют. Если же это потребуется, то размеры таких изделий подбирают по соответствующим ГОСТам, пользуясь условными обозначениями, записанными в спецификации.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется деталированием?
2. Должно ли соответствовать количество изображений детали на сборочном чертеже количеству изображений этой детали на рабочем чертеже?
3. Что подразумевают под чтением сборочного чертежа?

ГЛАВА 9

СХЕМЫ

§ 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

Многие современные машины, станки, аппараты и приборы имеют механические, пневматические, гидравлические и электрические устройства. Изучить принцип действия машин по сборочным чертежам и чертежам общих видов очень трудно, поэтому часто выполняют особые упрощенные изображения — схемы, позволяющие значительно быстрее понять принцип работы машины.

Конструкторские документы, на которых составные части изделия и связи между ними показаны в виде условных изображений или обозначений, называют схемами (ГОСТ 2.102—68).

Схема представляет собой как бы скелет машины, прибора, станка или какого-либо другого устройства.

Схемы просты по выполнению и достаточно наглядны. Они могут выполняться в прямоугольных (ортогональных) и в аксонометрических проекциях.

Изучать чтение и составление схем следует после ознакомления с ГОСТом 2.701—68 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в изделие, разделяют на: **кинематические, пневматические, гидравлические** и **электрические.**

Правила выполнения кинематических схем изложены в ГОСТе 2.703—68, электрических — в ГОСТе 2.702—69, пневматических и гидравлических — в ГОСТе 2.704—68.

Стандартами ЕСКД предусмотрены также условные графические обозначения в схемах (табл. 27—30).

Условные графические обозначения для кинематических схем приведены в табл. 27, для пневматических — в табл. 28, для гидравлических — в табл. 29 и для электрических — в табл. 30.

Размеры условных графических обозначений для электрических схем приведены в ГОСТе 2.747—68. Для других схем размеры условных графических обозначений стандартами не установлены, но соотношение размеров условных графических обозначений элементов на схемах должно примерно соответствовать действительному соотношению размеров этих элементов в изделии.

Нестандартные условные графические обозначения на схемах должны быть пояснены.

Для ускорения вычерчивания элементов применяют трафареты и штампы.

В зависимости от назначения схемы подразделяют на структурные, функциональные, принципиальные (полные), соединений (монтажные), подключения, общие, расположения.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи.

Функциональная схема поясняет процессы, протекающие в изделии.

Принципиальная схема определяет состав элементов и связей между ними, а также дает полное представление о принципах работы изделия.

Схема соединений показывает, каким образом соединены между собой составные части изделия; на таких схемах показывают провода, трубопроводы, зажимы, разъемы, фланцы и т. п.

Схема подключения показывает внешние подключения изделия.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия.

Шифр схемы состоит из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы. По ГОСТу 2.701—68 виды схем обозначают следующими буквами:

электрическая — Э;
гидравлическая — Г;
пневматическая — П;
кинематическая — К;
комбинированная — С.

Типы схем обозначают следующими цифрами:

структурная — 1;
функциональная — 2;
принципиальная — 3;
соединений — 4;
подключения — 5;
общая — 6;
расположения — 7.

Например, схема электрическая принципиальная обозначается шифром Э3, схема гидравлическая соединений — Г4 и т. д.

Если в состав изделия входят элементы и связи разных видов, например электрические и гидравлические, то составляют комбинированную схему. Наименование такой схемы определяется видами элементов, входящих в изделие, и типом схемы, например, схема электрогидравлическая принципиальная, шифр — С3.

На электрических, пневматических и гидравлических принципиальных схемах элементы

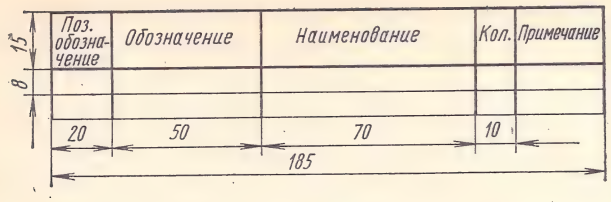


Рис. 514

изделия обозначают цифрами (позиционными обозначениями) и данные о них записывают в перечень элементов.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы, которую заполняют сверху вниз (рис. 514). Перечень располагают на первом листе схемы над основной надписью. Основную надпись для схем выполняют по форме № 1 (см. рис. 22).

В графах перечня (рис. 514) указывают:

в графе «Поз. обозначение» — позиционное обозначение элемента;

в графе «Обозначение» — обозначение конструкторского документа (на учебных чертежах графу не заполняют);

в графе «Наименование» — наименование элемента;

в графе «Кол.» — количество одинаковых элементов в изделии;

в графе «Примечание» — при необходимости технические данные элемента, например, производительность насоса $Q = 20$ л/мин, емкость бака $V = 50$ л и т. п.

§ 2. СХЕМЫ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ

Схемы, показывающие взаимосвязь деталей в изделии и их относительные перемещения, называются кинематическими.

Все элементы на схеме вычерчивают в виде условных графических обозначений (табл. 27).

На кинематических схемах валы, оси, стержни, шатуны и т. п. изображают сплошными основными линиями толщиной s, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки и т. п. — сплошными линиями толщиной $s/2$.

На кинематической схеме указывают основные характеристики и параметры кинематических элементов, например наименование, тип, характеристику двигателя, число зубьев и модуль зубчатых колес, диаметр шкива ременной передачи, число и шаг зубьев звездочки цепной передачи и т. д.

Валы и оси на кинематических схемах обозначают римскими цифрами, а другие элементы — арабскими. Цифры наносят на полках линий-выносок. Параметры кинематических элементов указывают под полкой.

Сменные кинематические элементы (например, зубчатые колеса) обозначают на схеме строчными буквами латинского алфавита и в таблице, располагаемой на поле чертежа, приводят их перечень и характеристику (например, число зубьев). Порядковые номера сменным элементам не присваивают.

Приступая к чтению данной кинематической схемы, надо внимательно прочитать описание устройства и действия изображенного на схеме механизма.

Читать кинематические схемы надо с изображения двигателя. Следуя вдоль кинематической цепи и сравнивая условные графические обозначения на схеме с приведенными в табл. 27, определяют названия составных частей механизма.

Рассмотрим пример чтения кинематической схемы механизма подачи силовой головки (рис. 515).

Электромеханическая малогабаритная силовая головка (рис. 515, *а*) предназначена для установки на агрегатных станках и служит для сверления отверстий малых диаметров — от 1 до 6 мм. Осевое перемещение сверла осуществляется механизмом подачи, кинематическую схему которого надо прочитать.

Механизм подачи (рис. 515, *б*) приводится в движение от электродвигателя *1*. Конец вала электродвигателя упругой муфтой *2* соединен с валом I червяка *3*, зацепляющегося с червячным колесом *4*, которое вращается на валу II. Червячная передача служит для уменьшения скорости вращения вала электродвигателя.

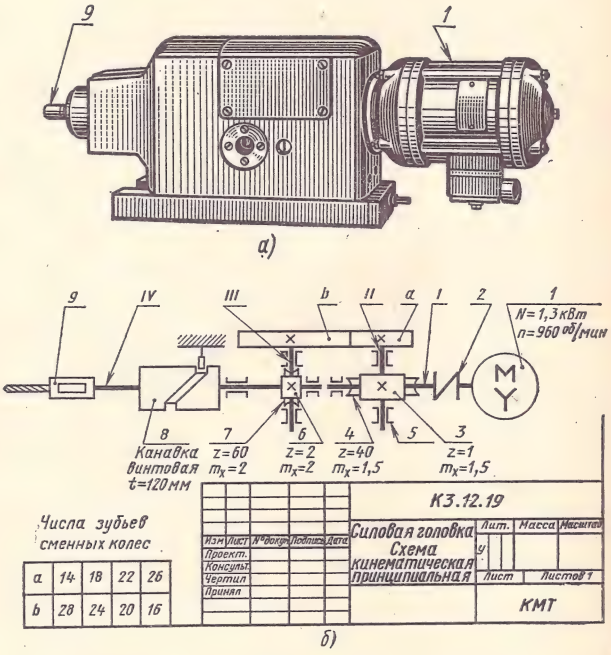
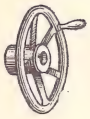
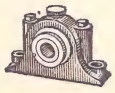
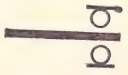
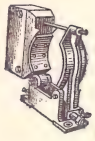
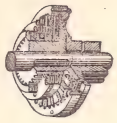
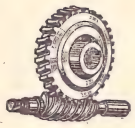
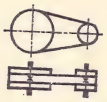
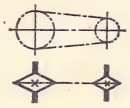


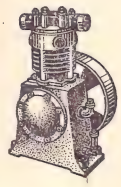
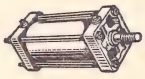
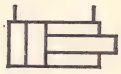
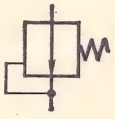
Рис. 515

Условные графические обозначения в кинематических схемах
(по ГОСТу 2.770—68)

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Вал, ось, стержень, шатун и т. п.			Поддержание зубчатых колес, шкивов и др.
Рычаг переключения			Передвижение частей сцепных муфт
Пружина цилиндрическая			Создание осевой силы, действующей на какую-либо деталь
Маховичок			Сообщение вращения валу или винту вручную
Подшипник скольжения радиальный			Опора вращающегося вала или оси
Подшипник качения радиальный			То же
Тормоз колодочный			Уменьшение числа оборотов вала или прекращение его вращения
Муфта сцепления кулачковая двусторонняя			Жесткое соединение двух валов

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Муфта предохранительная фрикционная			Соединение (при помощи силы трения между дисками) двух соосных валов и автоматическое их разъединение в случае перегрузки
Муфта упругая			Нежесткое соединение валов. Вращение передается через упругие элементы, которые смягчают толчки, вибрации и удары при работе механизмов
Передача зубчатая цилиндрическая с прямыми зубьями			Передача вращения от одного вала к другому, когда оси валов параллельны
Передача зубчатая коническая с прямыми зубьями			Передача вращения от одного вала к другому, когда оси валов расположены под углом
Передача червячная с цилиндрическим червяком			Передача вращения от одного вала к другому, когда оси валов скрещиваются
Передача зубчатая реечная			Преобразование вращательного движения в поступательное или наоборот
Передача плоским ремнем открытая			Передача вращения от одного вала к другому при значительном расстоянии между осями валов
Передача цепью			Передача вращения от одного вала к другому при больших расстояниях между осями валов

Условные графические обозначения в пневматических схемах
(по ГОСТам 2.780—68, 2.781—68 и 2.782—68)

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Компрессор			Сжатие воздуха, необходимого для работы пневматической системы
Цилиндр пневматический			Преобразование энергии сжатого воздуха в механическую энергию движения поршня
Аккумулятор (воздухосборник)			Накопление сжатого воздуха для выравнивания расхода и давления воздуха в пневмосети
Влаго- или маслоотделитель			Очистка сжатого воздуха от паров воды или масла
Маслораспылитель			Смазка пневматических цилиндров маслом, распыленным в воздушном потоке
Распределитель с управлением от рукоятки с фиксатором			Подача сжатого воздуха в полости пневматического цилиндра и выпуск в атмосферу отработанного воздуха
Регулятор давления пневматический			Поддержание в какой-либо части пневматической сети постоянного давления сжатого воздуха независимо от его расхода

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Фильтр			Очистка сжатого воздуха от пыли и грязи
Манометр			Измерение величины давления воздуха в какой-либо точке пневматической сети

На валу червячного колеса *4* на шпонке установлено сменное цилиндрическое зубчатое колесо *a*, которое зацепляется с другим сменным колесом *b*, установленным на промежуточном валу III на шпонке. На конце промежуточного вала установлен червяк *6* второй червячной передачи механизма, которая понижает скорость вращения промежуточного вала. Сменные зубчатые колеса *a* и *b* служат для настройки на определенную величину подачи сверла.

Колесо *7* второй червячной передачи посажено на шпонке на полом валу IV и соединено с патроном *9* и сверлом. На полом валу закреплен барабанный цилиндрический кулачок *8*, на наружной поверхности которого имеется винтовая канавка прямоугольного профиля, куда входит ролик, посаженный на неподвижную ось.

Чтение кинематической схемы начинают с нахождения изображения электродвигателя *1*.

Сравнивая изображение электродвигателя на схеме с условным графическим изображением в табл. 30, определяем, что двигатель трехфазный, с соединением обмоток ротора звездой. Так же находим на схеме и в табл. 27 обозначение упругой муфты *2*, соединяющей вал электродвигателя с валом I червяка *3* первой червячной передачи, изображение двух цилиндрических сменных зубчатых колес *a* и *b*, изображение второй червячной передачи, барабанного кулачка *8*, вала (шпинделя) IV и радиального подшипника скольжения *5*.

На чертеже имеется таблица, в которой указаны числа зубьев сменных колес *a* и *b*.

В основной надписи указывают обозначение схемы.

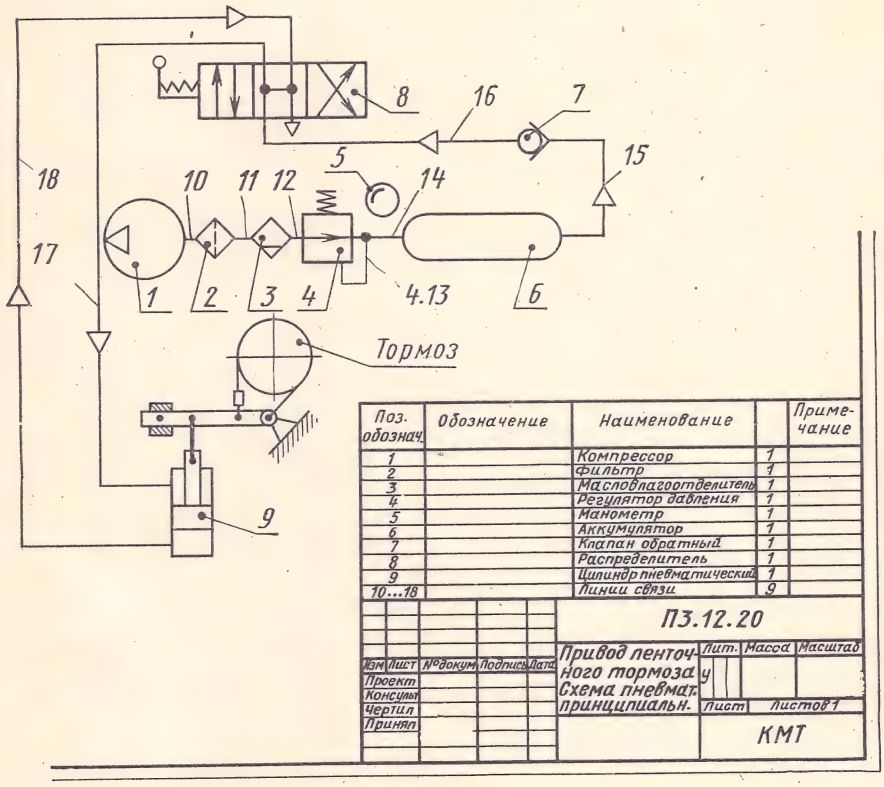
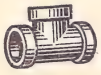
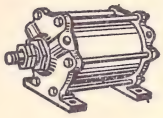
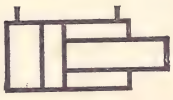
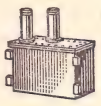
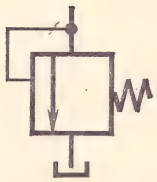
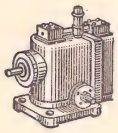
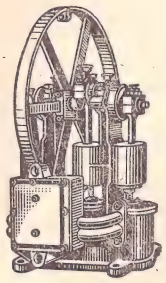
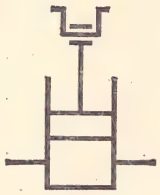
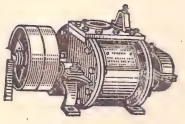
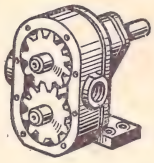


Рис. 516

Условные графические обозначения в гидравлических схемах
(по ГОСТам 2.704—68, 11628—65, 2.784—70 и 2.785—70)

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Фланцевое соединение труб			Служит для соединения частей трубопровода гидравлической системы на прямолинейных участках
Колено			То же, на участках под углом
Тройник			То же
Крестовина			»
Цилиндр гидравлический двустороннего действия с односторонним штоком			Преобразование энергии потока жидкости в механическую энергию движения поршня
Вентиль запорный			Изменение давления жидкости и прекращение движения ее по трубопроводу
Дроссель			Создание постоянного или регулируемого гидравлического сопротивления в гидросистеме с целью уменьшения давления жидкости

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Кран проходной			Включение и выключение потока жидкости в трубопроводах
Бак (резервуар)			Хранение запаса жидкости, питающей гидросистему
Клапан предохранительный			Поддержание в какой-либо части гидросистемы постоянного давления жидкости независимо от ее расхода
Клапан обратный			Пропуск потока жидкости только в одном направлении
Распределитель с управлением от рукоятки с фиксатором			Подача жидкости в гидроцилиндр и выпуск отработанной жидкости в бак

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Насос кривошипно-поршневой			Подача жидкости из бака в гидросистему
Насос ротационный лопастной			То же
Насос шестеренный			»

На учебных чертежах схемы обозначают упрощенно. Так, например, на рис. 515 схема обозначена К3.12.19, где К3 — шифр кинематической принципиальной схемы, 12 — вариант задания, 19 — номер задания.

§ 3. СХЕМЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ

Пневматические и гидравлические схемы выполняют по правилам, установленным ГОСТом 2.704—68.

На принципиальных схемах элементы и устройства изображают в виде условных графических обозначений (табл. 28 и 29).

Линии связи показывают сплошными основными линиями. Соединение линий связи обозначают точкой.

Направление потока воздуха на пневматических схемах указывают светлыми треугольниками, а направление потока жидкости на гидравлических схемах — зачерненными треугольниками.

Все элементы схем нумеруют по порядку арабскими цифрами, как правило, по направлению потока рабочей среды. Линиям связи номера присваивают после номеров элементов и устройств.

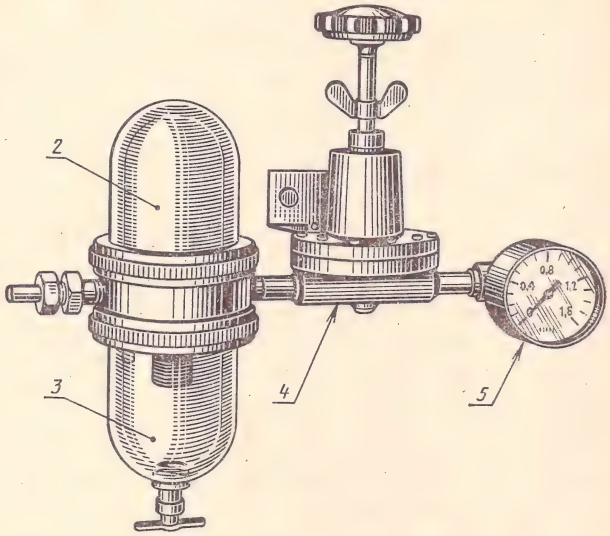
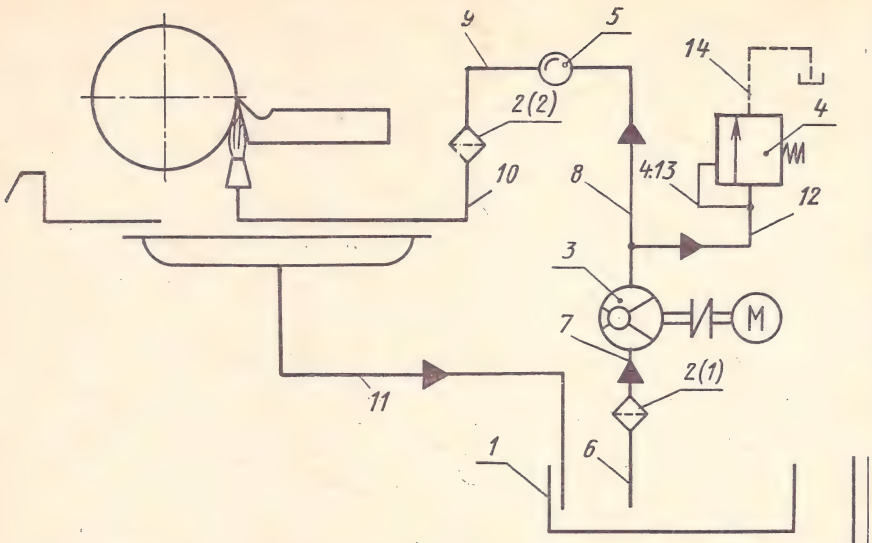


Рис. 517



Позиционное обозначение	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Бак	1	V = 15л
2(1)...2(2)		Фильтр	2	
3		Насос лопастной	1	Q = 5 л/мин
4		Регулятор давления	1	
5		Манометр	1	
6...13		Линии связи	7	
14		Линия дренажа	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ГЗ.12.21			
Проект.					Установка для охлаждения резца Схема гидравлическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Консульт.						У		
Чертил						Лист	Листов 1	
Принял						КМТ		

Рис. 518

Одинаковым элементам допускается присваивать общий порядковый номер, после которого в скобках ставят порядковый номер данного элемента.

Если линия связи представляет собой внутренний канал в элементе, то перед номером линии связи через точку ставят номер данного элемента.

Номера проставляют на полках линий-выносок, за исключением номеров линий связи.

Элементы и линии связи записывают в перечень, помещаемый над основной надписью.

Рассмотрим пневматическую схему привода ленточного тормоза (рис. 516). Сжатый воздух из компрессора поступает в фильтр и маслоотделитель, где он очищается от пыли, воды и масла. Затем воздух проходит через регулятор давления, который непрерывно поддерживает заданное давление в системе независимо от расхода воздуха. В аккумуляторе создается запас воздуха, в результате чего уменьшается колебание давления в пневмосети. Из аккумулятора воздух поступает в трехпозиционнный распределитель, золотник которого может занимать три различных положения. Из распределителя воздух поступает в верхнюю или нижнюю полость пневматического цилиндра, а отработанный воздух выходит в атмосферу.

Для того чтобы осуществить затормаживание, рукоятку распределителя переводят в правое положение, при этом сжатый воздух подается в верхнюю полость цилиндра и поршень со штоком движется вниз; из нижней полости цилиндра воздух через распределитель выходит в атмосферу.

При левом положении рукоятки распределителя воздух поступает в нижнюю полость цилиндра, и поршень со штоком движется вверх, в результате чего натяжение ленты тормоза ослабевает, и вал начинает вращаться свободно.

При чтении пневматической схемы нужно пользоваться табл. 28, где приведены условные графические обозначения элементов.

Чтение пневматической схемы начинают с компрессора *1*, из которого сжатый воздух поступает в фильтр *2* и масло-влагоотделитель *3*. Далее на схеме изображен регулятор давления *4* с манометром *5*. Трубопровод от регулятора давления идет к аккумулятору *6*, а из него через обратный клапан *7* и распределитель *8* поступает в полость пневматического цилиндра *9*.

На рис. 517 показана часть пневмосистемы, которая служит для очистки и поддержания заданного давления воздуха и состоит из фильтра *2*, масловлагоотделителя *3*, регулятора давления *4* и манометра *5*.

Рассмотрим гидравлическую схему установки для охлаждения резца (рис. 518). Резец охлаждается эмульсией, подводимой под давлением. Охлаждение резца уменьшает его износ.

Установка состоит из ротационного лопастного насоса, подающего эмульсию из бака через

фильтр, который задерживает посторонние частицы, попавшие из бака в трубопровод. Давление жидкости контролируется манометром.

Вал насоса соединен с валом электродвигателя упругой муфтой.

Эмульсия из бака подводится к регулятору давления, который поддерживает в гидросистеме постоянное давление. При повышении давления эмульсия через канал в регуляторе сливается в бак. Через фильтр вторичной очистки эмульсия по трубам поступает к резцу.

Чтение гидравлической схемы начинают с изображения ротационного лопастного насоса.

Условные графические изображения элементов установки имеются в табл. 29.

На схеме показан привод насоса от трехфазного электродвигателя с соединением обмоток в звезду. Электродвигатель передает вращение насосу через эластичную муфту.

Все элементы схемы пронумерованы и занесены в перечень, расположенный над основной надписью.

§ 4. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Элементы на принципиальных электрических схемах вычерчивают в виде условных графических обозначений. Некоторые обозначения приведены в табл. 30.

В ЕСКД условным графическим обозначениям для электросхем посвящено большое количество стандартов, поэтому полностью ознакомиться с обозначениями можно лишь после изучения курса «Электротехника».

Электрические схемы вычерчивают для изделий, находящихся в отключенном состоянии.

Линии электрической связи должны быть выполнены толщиной от 0,2 до 0,6 мм в зависимости от формата схемы.

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, которое состоит из буквенного обозначения и порядкового номера элемента, например, конденсаторы *C1, C2, C3,* резисторы *R1, R2, R3* и т. д.

Буквенное обозначение представляет собой сокращенное наименование элемента, например, обозначение трансформатора — *Тр*, батареи аккумуляторной — *Б*, генератора — *Г*, амперметра — *А*, резистора — *R*, конденсатора — *С* и т. д.

Допускается выполнять схемы с цифровыми позиционными обозначениями элементов. Позиционное обозначение должно быть вписано в окружность и помещено рядом с условным графическим обозначением (рис. 519).

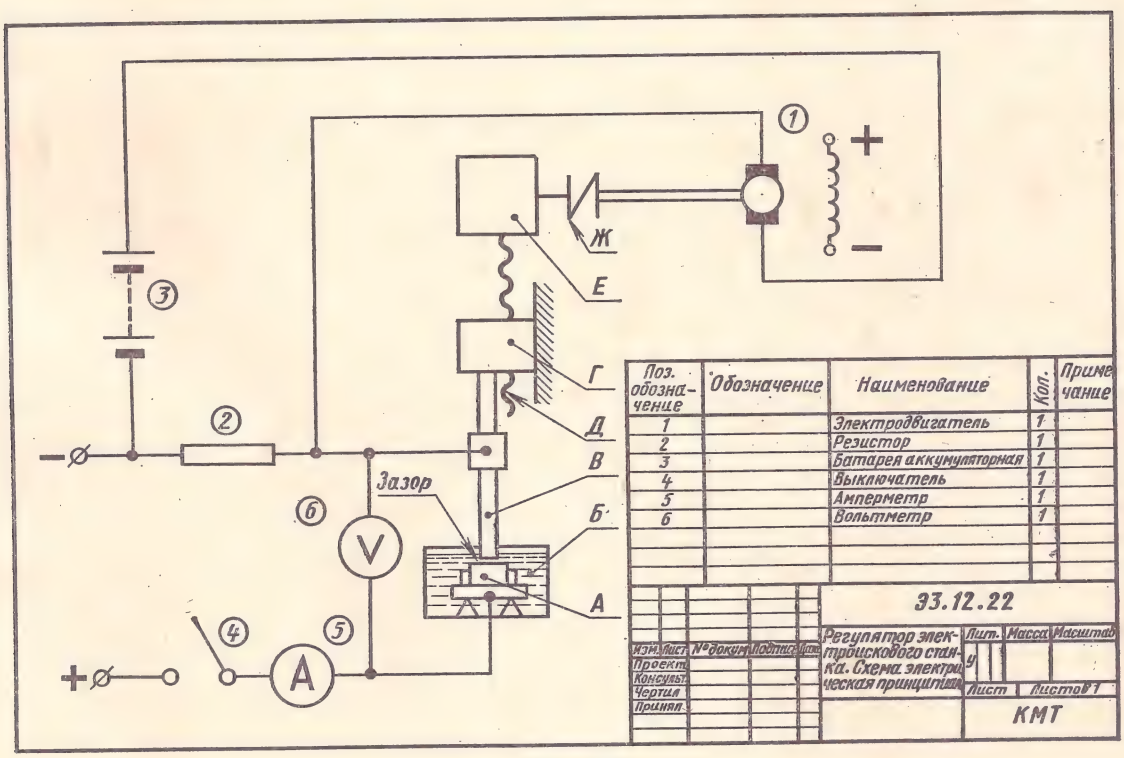
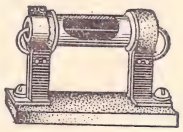
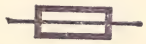
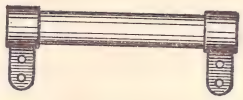
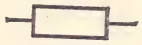
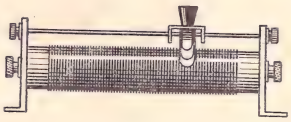
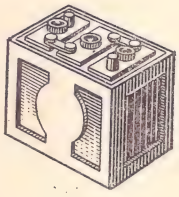
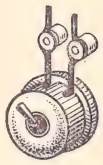
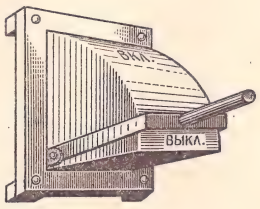
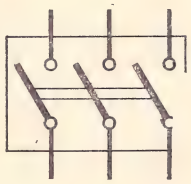
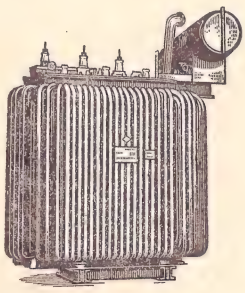
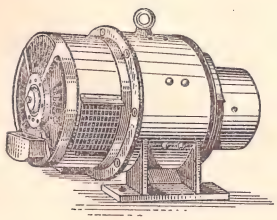
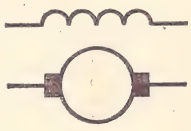
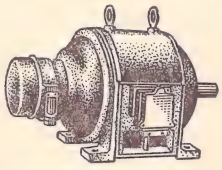
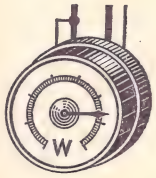


Рис. 519

Условные графические обозначения в принципиальных электрических схемах
(по ГОСТам 2.722—68; 2.723—68, 2.727—68; 2.728—68, 2.729—68, 2.732—68, 2.725—68, 2.730—68)

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Провод соединительный			Передача электроэнергии
Ответвление проводов			То же
Предохранитель плавкий			Защита от тока короткого замыкания. Плавкая вставка при повышении силы протекающего по ней тока расплавляется и размыкает электрическую цепь
Резистор (сопротивление) нерегулируемый			Ограничение силы тока в электрической цепи
Резистор регулируемый (реостат)			Плавное изменение сопротивления в электрической цепи
Конденсатор нерегулируемый			Накопление и удержание электрических зарядов на пластинах, что способствует стабилизации рабочего режима электроцепи
Батарея из гальванических или аккумуляторных элементов			Выработка или накопление электроэнергии

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Выключатель			Размыкание и замыкание электрической цепи
Выключатель высокого напряжения трехполюсный			Выключение и включение электрических машин и других механизмов в сети трехфазного тока
Трансформатор трехфазный			Преобразование переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения
Машина или двигатель постоянного тока с независимым возбуждением			Преобразование механической энергии в электрическую энергию постоянного тока или наоборот
Двигатель трехфазного тока, асинхронный с соединением обмоток в звезду			Преобразование электрической энергии переменного тока в механическую энергию

Наименование	Наглядное изображение	Обозначение на схеме	Назначение
Лампа накаливания осветительная			Освещение помещений и оборудования
Амперметр			Измерение силы электрического тока
Вольтметр			Измерение напряжения в электрической цепи
Ваттметр			Измерение мощности электрического тока

Элементы записывают в перечень, который помещают на первом листе схемы над основной надписью.

Рассмотрим электрическую принципиальную схему автоматического регулирования процесса обработки детали на электроискровом станке (рис. 519).

При обработке на электроискровом станке между металлической деталью и инструментом возникают электрические разряды, в результате чего с детали снимается слой металла. Деталь и инструмент являются электродами. Деталь *А* присоединяется к клемме «+» источника тока. Электроразряды снимают с детали мелкие частицы материала, которые осаждаются в ванне с жидкостью *Б*, при этом зазор между электродами увеличивается, что приводит к прекращению электрических разрядов.

Для того чтобы зазор между деталью и инструментом был постоянным, нужно перемещать инструмент вдоль его оси. Такое перемещение называется подачей.

Электрод-инструмент *В* крепится в гайке-ползуне *Г*, которая получает движение подачи от винта *Д*.

Винт *Д* вращается от электродвигателя *1*. Для уменьшения скорости вращения вала электродвигателя применен червячный редуктор *Е*. Вал электродвигателя упругой муфтой *Ж* соединен с валом червяка, а вал червячного колеса — с винтом *Д*. На схеме червячная передача не показана.

Изменение направления подачи электрода-инструмента достигается реверсированием электродвигателя *1*, т. е. сообщением его валу вращения в обратном направлении.

Якорь электродвигателя присоединен к резистору (сопротивлению) нерегулируемому *2*, включенному последовательно с аккумуляторной батареей *3*. При таком включении батарея будет до-

полнительным источником тока. На якоре электродвигателя *1* напряжение будет равно разности между напряжением батареи *3* и напряжением на резисторе *2*.

При наличии большого зазора между инструментами и обрабатываемым изделием на резисторе *2* падения напряжения не будет, вал электродвигателя *1* начнет вращаться, а электроды будут сближаться до тех пор, пока между ними не возникнут электроискровые разряды. В этот момент на резисторе *2* и якоре электродвигателя будет падение напряжения.

Если произойдет короткое замыкание электродов, то падение напряжения на резисторе *2* будет больше напряжения на батарее *3*. В этом случае напряжение на якоре изменит полярность («+» будет «—») и якорь электродвигателя начнет вращаться в обратном направлении, а электроды будут расходиться.

Чтение схемы начинают с электродвигателя постоянного тока.

Его изображение на схеме аналогично условному обозначению в табл. 30. Соединительный провод от клеммы «+» электродвигателя подключен к нерегулируемому резистору (сопротивлению), изображенному на схеме в виде прямоугольника. Последовательно с резистором соединена аккумуляторная батарея.

Для замыкания и размыкания цепи служит выключатель. Амперметр показывает величину силы тока, а вольтметр — напряжение в электрической цепи.

Наименование элементов электросхемы занесено в перечень, помещенный над основной надписью.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие существуют виды и типы схем? В чем различие между ними?
2. С каких элементов начинают чтение схем?

ГЛАВА 10

ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Строительные чертежи, с которыми встречаются учащиеся машиностроительного техникума при курсовом и дипломном проектировании, имеют много общего с машиностроительными.

Хорошо усвоив правила выполнения и чтения машиностроительных чертежей, а также ГОСТы ЕСКД, легко овладеть основами строительного черчения.

Строительное черчение разделяется на инженерно-строительное и архитектурно-строительное.

К инженерно-строительным чертежам относятся чертежи мостов, тоннелей, плотин, каналов, шахт, оборонных сооружений, дорог, а к архитектурно-строительным чертежам — чертежи зданий гражданских и промышленных сооружений.

Учащемуся в основном придется выполнять архитектурно-строительные чертежи (при дипломном проектировании цехов машиностроительных заводов).

Чертежи зданий содержат изображения их фасадов, планов и частей: крыш, междуэтажных перекрытий, фундаментов, стен, колонн, лестничных клеток, металлоконструкций и т. п. Комплекс зданий и сооружений архитектурно-строительного объекта изображается на чертежах генеральных планов.

§ 1. ЧЕРТЕЖИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Генеральный план является основным проектным документом, на котором показаны размеры и конфигурация территории объекта, размещение и габариты имеющихся или проектируемых зданий и сооружений, расположение санитарно-защитных зон, благоустройство территории. Чертеж генерального плана предприятия должен быть увязан с чертежами районной планировки строительных объектов.

На рис. 520,*а* изображен общий вид (перспектива) зданий и сооружений машиностроительного техникума, а на рис. 520,*б* — генеральный план реконструкции этого техникума.

При выполнении чертежей генеральных планов необходимо пользоваться стандартными условными изображениями элементов данного объекта (табл. 31).

Так, например, на генеральном плане (рис. 520,*б*) видно, что существующие корпуса изображены сплошными основными линиями, проектируемые здания и пристройки — сплошными тонкими линиями, намеченное к сносу здание жилого дома — сплошными утолщенными линиями с крестиками.

На чертеже генерального плана вверху слева стрелками и буквами указывается направление стран света; здесь же изображается фигура в виде многоугольника, показывающая направление господствующих ветров (роза ветров).

На генеральном плане помещают экспликацию объектов с указанием порядкового номера объекта и его наименования (номера объектов идут сверху вниз), а также линейный масштаб.

На генеральных планах ввиду больших размеров изображаемых зданий и сооружений применяют масштабы уменьшения: 1:200, 1:400; 1:1000 и др.

§ 2. ЧЕРТЕЖИ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

По генеральному плану разрабатывают чертежи отдельных зданий и сооружений.

Расположение видов, разрезов и сечений и их обозначение на строительных чертежах аналогично расположению видов, разрезов и сечений на машиностроительных чертежах.

Чертежи, содержащие изображения внешних видов здания или сооружения, называются фасадами.

В крупноблочных и панельных зданиях на чертежах фасадов показывают линии разъемов панелей или блоков.

Чертежи фасадов, на которых указаны марки элементов конструкций, называются монтажными.

На чертежах фасадов зданий наносят линии разбивочных осей колонн и стен. Фасады именуются по крайним разбивочным осям, например, фасад 1—6; фасад 6—1; фасад Г—А; фасад А—Г.

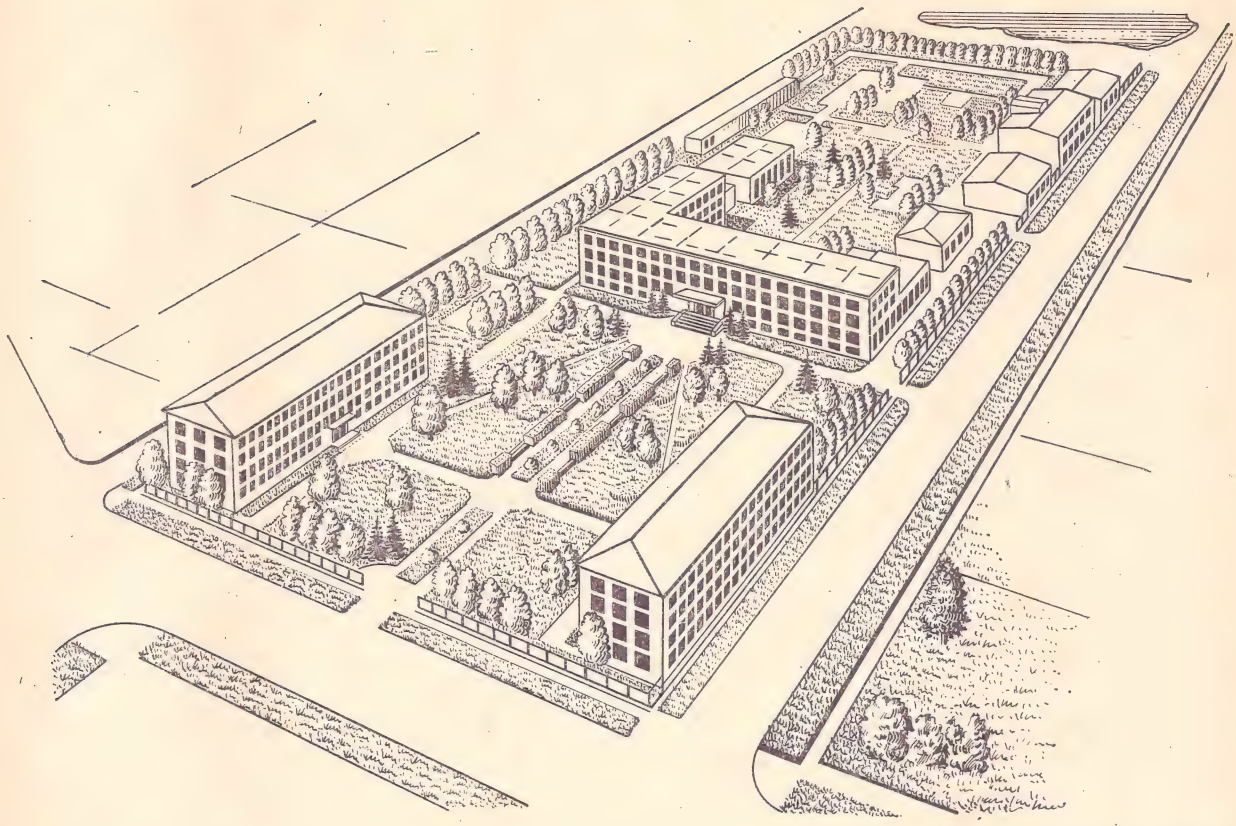
На рис. 521 изображены и обозначены два фасада: фасад 1—6 и фасад А—Г.

§ 3. ЧЕРТЕЖИ ПЛАНОВ ЭТАЖЕЙ ЗДАНИЯ

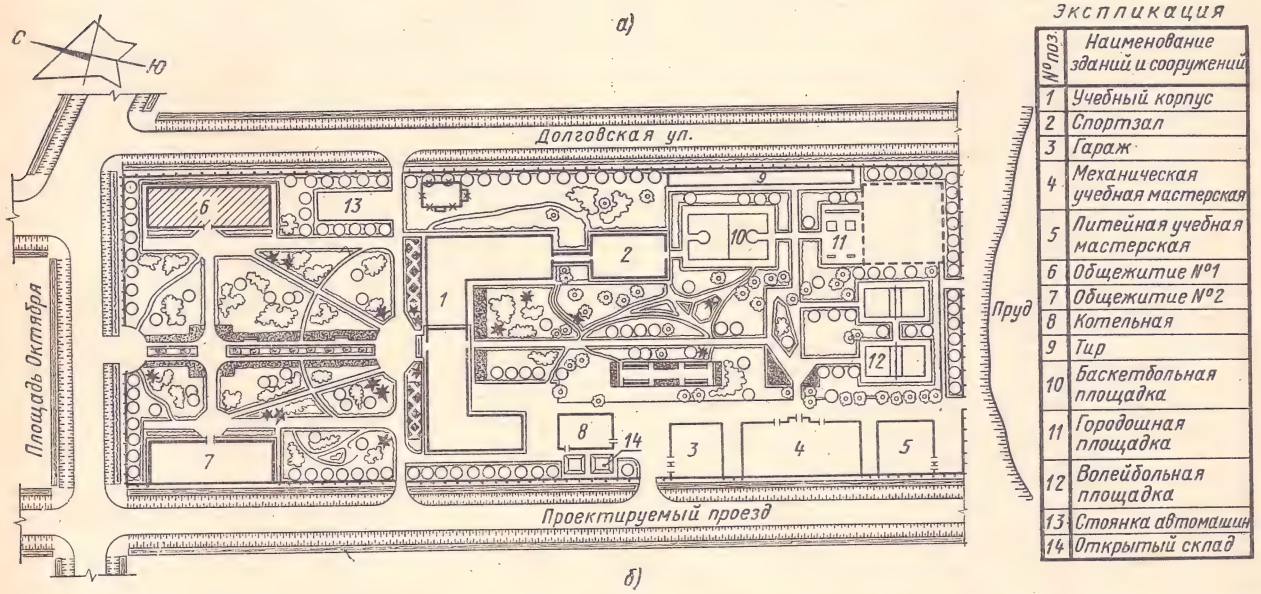
Горизонтальный разрез здания несколько выше уровня подоконника называется планом этажа здания. На рис. 521 изображен план первого этажа.

По плану этажей судят о размерах и расположении помещений, дверей, окон, толщине стен и других конструктивных элементах.

Стены, попавшие в разрез, обычно не заштриховывают. Контуры наружных и капитальных



а)



б)

Экспликация

№ поз.	Наименование зданий и сооружений
1	Учебный корпус
2	Спортзал
3	Гараж
4	Механическая учебная мастерская
5	Литейная учебная мастерская
6	Общежитие №1
7	Общежитие №2
8	Котельная
9	Тир
10	Баскетбольная площадка
11	Городошная площадка
12	Волейбольная площадка
13	Стоянка автомашин
14	Открытый склад

Рис. 520

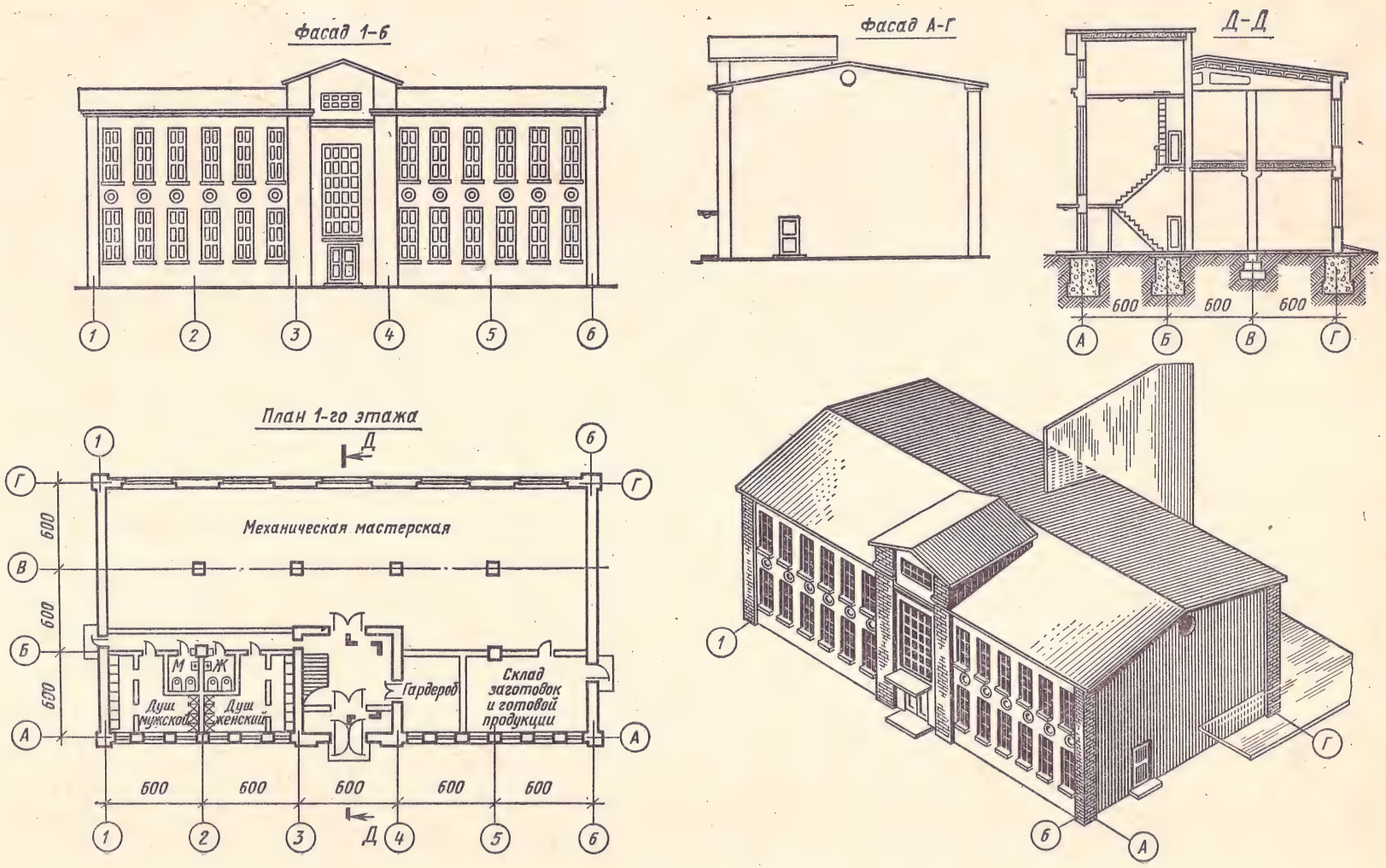
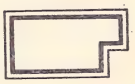
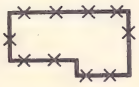
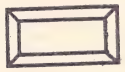
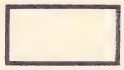

Фасад 1-6
Фасад А-Г
Д-Д
План 1-го этажа
Механическая мастерская
Душ мужской
Душ женский
Гардероб
Склад заготовок и готовой продукции
600
1
2
3
4
5
6
А
Б
В
Г
Д

Рис. 521

Условные обозначения элементов генерального плана

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Здание проектируемое		Ограда (независимо от материала)	
Здание существующее сохраняемое		Путь рельсовый проектируемый, нормальной колеи	
Здание существующее разбираемое		Дорога безрельсовая	
Здание существующее реконструируемое		Площадка открытого склада (сыпучих материалов)	
Площадка резервная для строительства здания		Площадка открытого склада (прочих материалов)	
		Граница полосы отвода земель	
		Ось разбивочная	

внутренних стен и колонн, лежащих в секущей плоскости, изображают сплошной основной линией, а контуры междукомнатных перегородок, дверей и окон — сплошной тонкой линией.

При вычерчивании окон, дверей, ворот и других элементов зданий применяются условные стандартные графические обозначения, которые показывают, в какую сторону открываются окна, двери и ворота.

Примеры условных графических обозначений приведены в табл. 32.

На планах этажей показывают санитарно-техническое оборудование: души, ванны, умывальники и т. п. Перечисленные элементы изображают на чертежах планов этажей зданий также условными графическими знаками.

Вычерчивание планов начинают с изображения разбивочных осей, которые определяют положение стен и колонн в здании (рис. 521).

Расстояния между разбивочными осями берутся по единой модульной системе и должны быть кратными основному модулю М, который равен 100 мм.

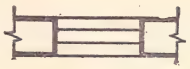
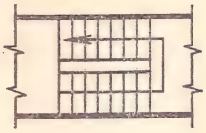
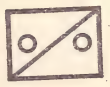
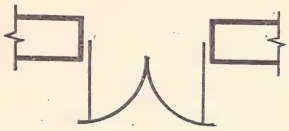
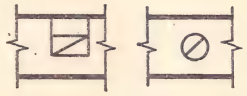
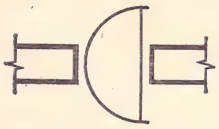
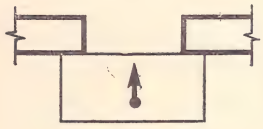
Для шагов разбивочных осей применяются и укрупненные модули, равные 200, 300, 500, 1200, 1500, 3000 и 6000 мм и обозначаемые соответственно 2М, 3М, 5М, 12М, 15М, 30М и 60М.

Для назначения размеров сечений колонн, балок и плит используются дробные модули: 1/2М, 1/5М, 1/10М. Модульная система размеров способствует типизации и стандартизации в строительстве.

Обозначение разбивочных осей выносят на нижнюю и левую стороны плана (см. рис. 521).

Оси, расположенные поперек здания, обозначаются слева направо цифрами, а оси, расположенные вдоль здания, обозначаются снизу вверх буквами русского алфавита.

Условные графические обозначения элементов зданий
(по ГОСТам 11691—66 и 2.786—70)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Оконный проем		Лестница	
Дверь (ворота) однопольная		Плита газовая бытовая	
Дверь (ворота) двупольная		Дымоход	
Дверь (ворота) раздвижная		Канал вентиляционный	
Дверь с качающимся полотном		Отверстие (прямоугольное, круглое)	
Перегородка		Кабины душевые	
Пандус		Умывальник	
		Унитаз	

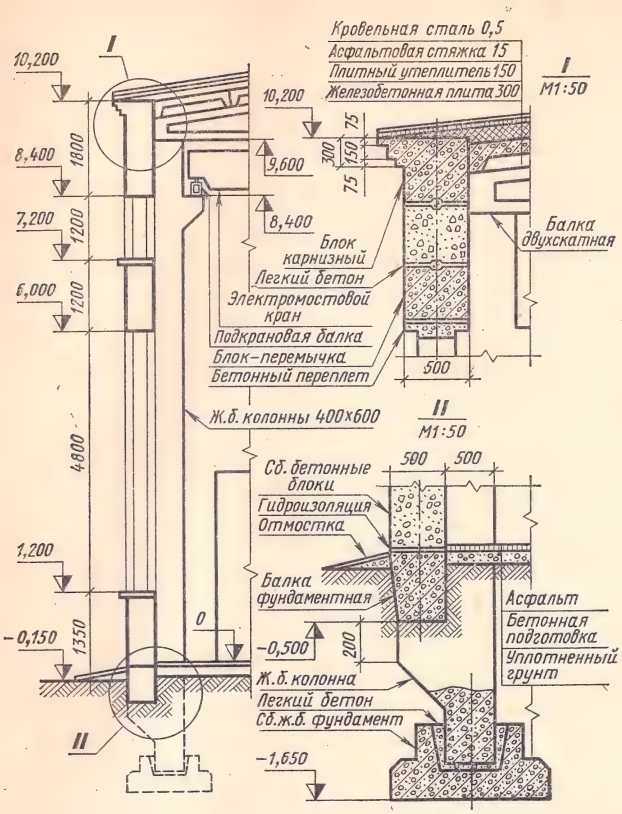


Рис. 522

§ 4. ЧЕРТЕЖИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ЗДАНИЙ

На строительных чертежах применяют вертикальные и горизонтальные разрезы, которые могут быть простыми и сложными.

Элементы здания, попавшие в разрез, подробно не вычерчивают, а изображают лишь их контуры, которые обводят утолщенной линией.

При необходимости отдельные участки фасадов или разрезов выполняют в более крупном масштабе в виде выносных элементов (см., например, выносные элементы *I* и *II* на рис. 522).

Надписи и обозначения наносят на полках линий-выносок, которые заканчивают стрелками.

Условные графические обозначения материалов в разрезах и на фасадах, а также правила их нанесения на чертежах одинаковы с обозначениями, применяемыми на машиностроительных чертежах (см. табл. 5).

На строительных чертежах штриховку грунта в сечении наносят узкой полосой равномерной ширины (см. рис. 521 — разрез *Д—Д* и рис. 522).

На основе архитектурно-строительных чертежей (планов, фасадов, разрезов) составляют схемы теплотехнических и санитарно-технических устройств: водопровода, канализации, вентиляции, центрального отопления, газоснабжения и т. п.

При выполнении таких схем используют условные графические обозначения (см. табл. 32).

§ 5. ЧЕРТЕЖИ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ

В СССР за короткий срок была создана мощная строительная индустрия. В настоящее время наиболее прогрессивным методом строительства является монтаж (сборка) здания из элементов или деталей, изготовленных на заводах и домостроительных комбинатах. Типовые изделия в готовом виде поступают на строительную площадку, где из них монтируется здание.

Основными конструктивными элементами здания являются типовые железобетонные изделия (рис. 523).

Рассмотрим отдельные части зданий.

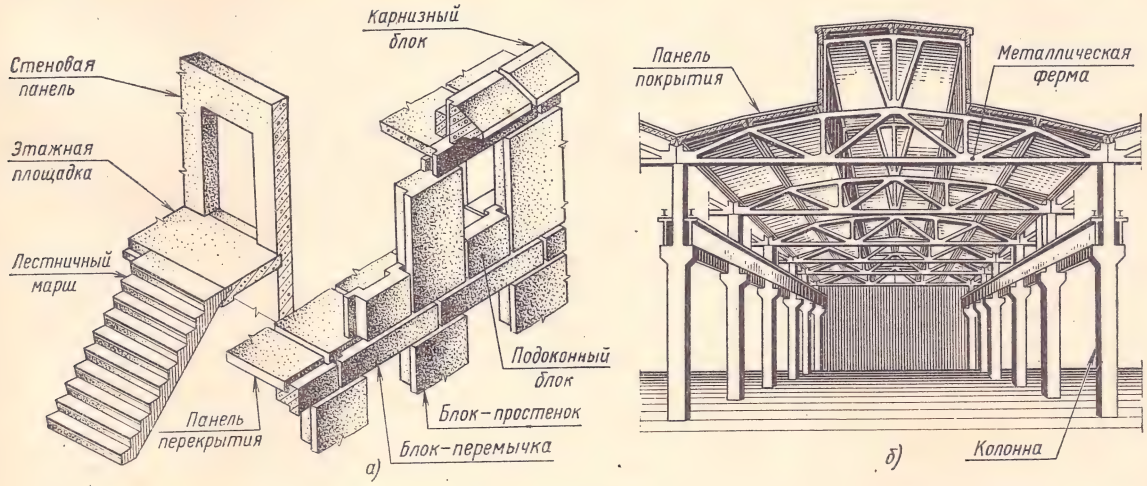


Рис. 523

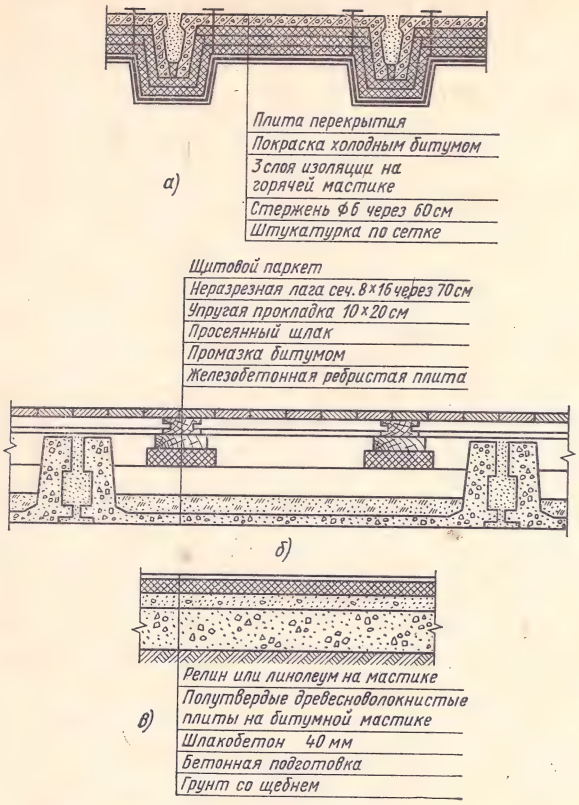


Рис. 524

Перекрытия разделяют внутреннюю часть здания на этажи. В зависимости от расположения по высоте различают перекрытия чердачные (рис. 524, *а*), междуэтажные (рис. 524, *б*) и надподвальные (рис. 524, *в*). Перекрытия состоят из пустотелых или сплошных тонких плит. На выступы колонн укладывают балки, на которые устанавливают плиты перекрытия (рис. 525).

Стены здания могут быть наружными и внутренними. Стены, воспринимающие нагрузку от перекрытий, крыши, оборудования, называются несущими. Стены зданий состоят из кирпича или железобетонных блоков.

В современном строительстве широко применяют типовые железобетонные изделия: подоконные блоки, простеночные блоки, блоки-перемычки и т. п.

Покрытие здания (крыша) поддерживается стропилами. Покрытие широких производственных и общественных зданий устанавливают на металлических стропильных фермах и балках.

Современное покрытие производственных корпусов состоит из сборных железобетонных панелей-оболочек двоякой кривизны.

Фундаментом называется подземная часть здания, которая передает нагрузку от веса здания на грунт. Фундаменты выполняют из камня, кирпича, бетона, а также из типовых железобетонных блоков.

В зависимости от конструкции различают фундаменты ленточные, свайные, стаканного типа, сплошные (рис. 526). Ленточные непрерывные фундаменты укладывают под здания с несущими стенами. Свайный фундамент применяется при строительстве на слабом грунте; в таких случаях сваи забивают в грунт при помощи вибраторов и других механизмов.

В лестничной клетке здания расположены лестничные марши (набор ступеней), заделанные концами в этажные площадки (см. рис. 523).

При выполнении разрезов на чертежах зданий лестничные клетки показывают условно (рис. 527). Лестничную клетку пересекают вертикальной плоскостью; на полученном разрезе *А—А* марши, пересеченные плоскостью, заштриховывают и вычерчивают более толстой линией.

На горизонтальном разрезе первого этажа *Б—Б* изображено условно два марша лестницы. Разрез второго этажа *В—В* дает возможность видеть три марша лестницы. Входящий марш на разрезах *Б—Б* и *В—В* должен быть отмечен тонкой линией со стрелкой на конце.

§ 6. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Архитектурно-строительные чертежи имеют отличия от машиностроительных в простановке размеров. Вместо стрелок на концах размерных

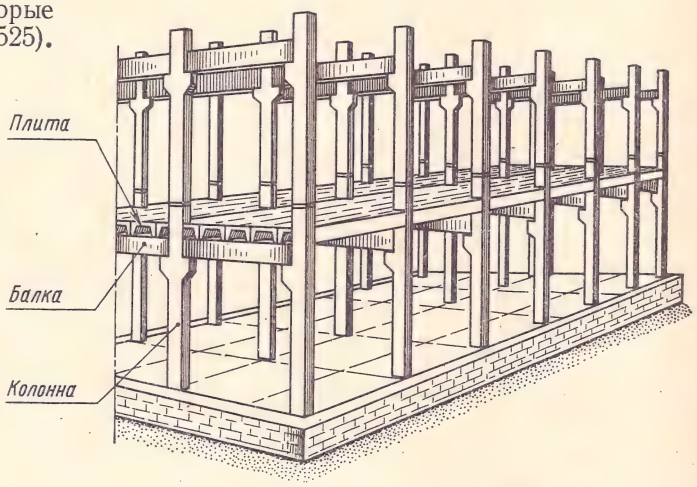


Рис. 525

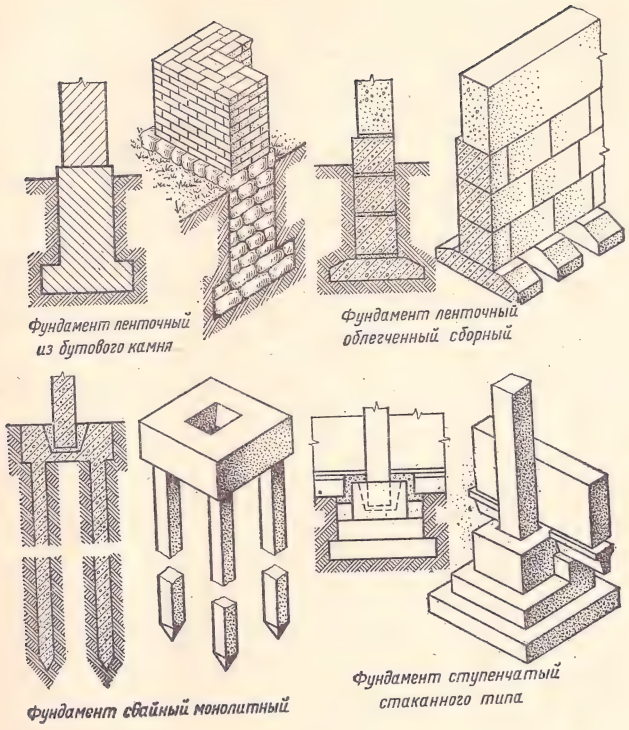


Рис. 526

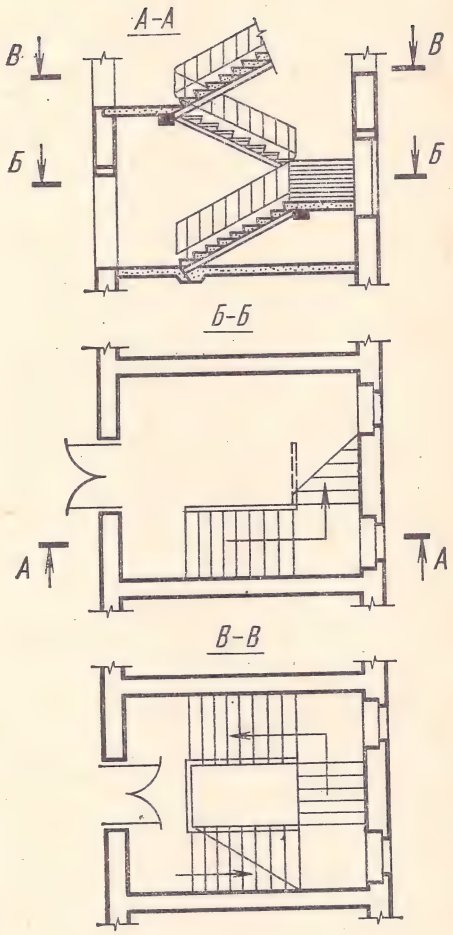


Рис. 527

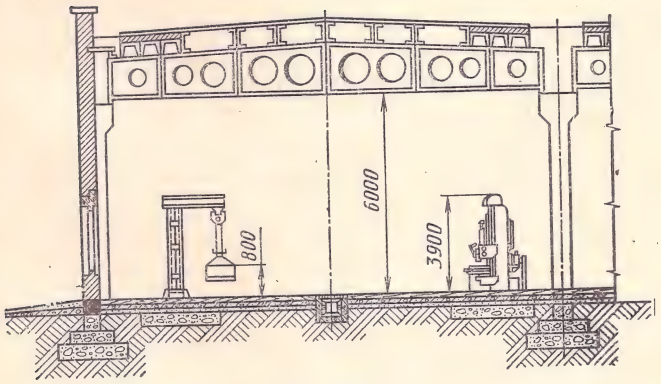
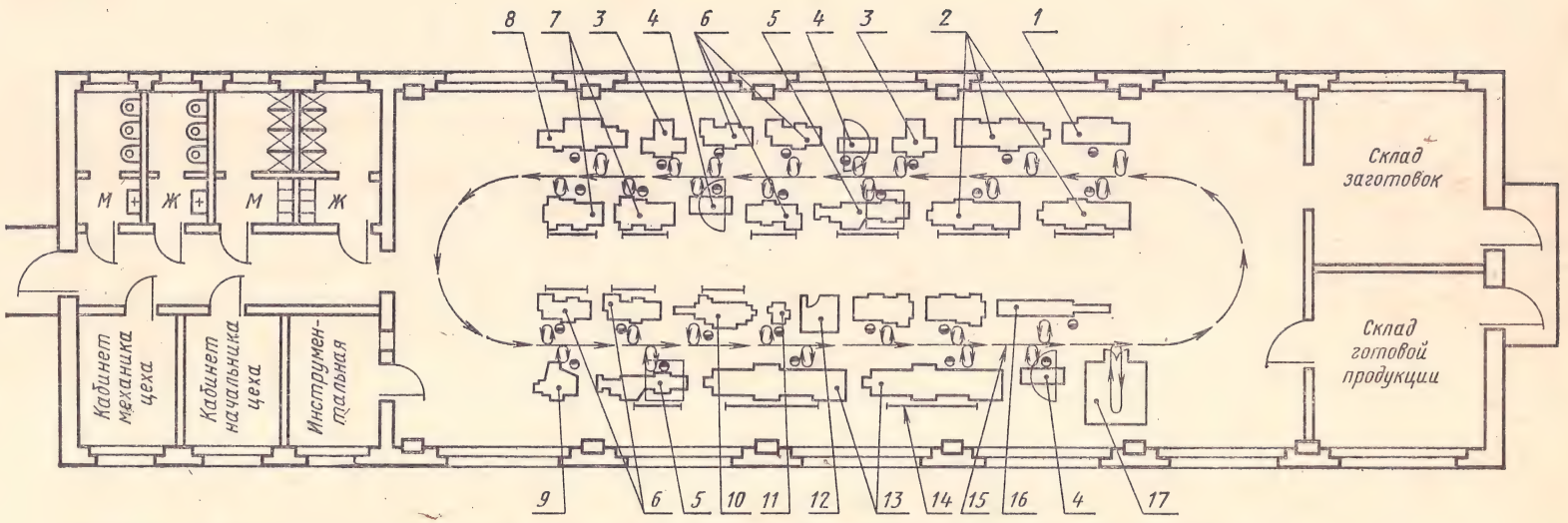


Рис. 528



Поз.	Наименование	Тип	Кол.	Габаритные размеры в мм	Примечание
1	Фрезерно-центровальный станок	МР-73	1	3590×1400×1690	
2	Токарно-винторезный станок	163	3	3535×1435×1300	
3	Горизонтально-фрезерный станок	6Н13	2	2370×2140×2245	
4	Радиально-сверлильный станок	2А53	3	2060×910×3070	
5	Горизонтально-расточной станок	262Г	2	5070×2250×2755	
6	Токарно-винторезный станок	1К62	5	2785×1323×1133	
7	Зубофрезерный станок	5А32Б	4	3195×1605×2235	
8	Кругло-шлифовальный станок	3161	1	4400×1800×1520	
9	Карусельный станок	153	1	2350×2185×3815	
10	Токарно-револьверный станок	1К36	1	3200×1780×1450	
11	Вертикально-сверлильный станок	2А125	1	980×825×2300	
12	Место мастера		1	2000×2000	
13	Токарно-винторезный станок	165	2	5780×2000×1660	
14	Щиток заградительный		12		
15	Конвейер толкающий		1		Кольцевой
16	Горизонтально-протяжной станок	7А510	1	6080×880×1200	
17	Термическое отделение		1	3500×3500	

Рис. 529

линий допускаются короткие черточки-засечки. Размеры проставляются не от баз, а цепочкой, например, в виде расстояний между разбивочными осями стен.

Размеры на строительных чертежах проставляют в миллиметрах. Если размеры проставлены в других единицах, то на чертеже делают соответствующие пояснения.

Размеры на чертежах фасадов обычно не проставляют.

Положение элементов зданий по высоте определяют при помощи высотных отметок. Для обозначения высотной отметки служит условный знак в виде равностороннего треугольника, опирающегося вершиной на выносную линию уровня элемента. Правая половина треугольника зачернена. На выносной линии треугольника проставляют высотную отметку элемента в метрах, считая от нулевой отметки. За нулевую отметку, которую обозначают ± 0, принимают уровень пола первого этажа.

Например, отметка 1,200 показывает, что элемент здания расположен выше уровня пола на 1,200 м; отметка — 0,200 означает, что элемент расположен ниже уровня пола на 0,200 м.

§ 7. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ПЛАНА ЦЕХА

Оборудование в производственных цехах размещают в соответствии с требованиями технологического процесса.

На каждом рабочем месте должна быть хорошая освещенность. Расстояние между станками, а также между станками и стенами цеха должно быть выбрано с учетом удобства обслуживания, наладки и ремонта оборудования, а также свободного проезда цехового транспорта.

Габаритные размеры и условные обозначения оборудования, а также нормы проектирования имеются в соответствующих справочниках.

Вертикальный разрез цеха показан на рис. 528.

Пример размещения оборудования в цехе приведен на рис. 529.

ГЛАВА 11

РАЗМНОЖЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ[1]

Для работы любого промышленного предприятия требуется техническая документация: чертежи, спецификации, технические условия, инструкции, отраслевые нормали и т. п.

На предприятии должно иметься столько экземпляров технической документации, сколько требуется для организации нормальной работы предприятия, например, у каждого рабочего, занятого обработкой деталей на металлорежущем станке, должен быть чертеж детали.

В зависимости от характера производства и вида выпускаемой продукции техническую документацию размножают в количестве от нескольких десятков до нескольких тысяч экземпляров.

Существуют различные способы размножения технической документации; основные способы следующие: светокопирование на диазобумагах, электрография, микрофотокопирование, термокопирование, оперативная полиграфия.

§ 1. СВЕТОКОПИРОВАНИЕ НА ДИАЗОБУМАГАХ

Получение копий на светочувствительных диазобумагах возможно лишь при наличии подлинника, выполненного на прозрачной основе, например на кальке.

Чертеж, выполненный конструктором на бумаге типа «ватман», называется **оригиналом.** С оригинала вручную снимают копию на кальку. Копия на кальке должна быть тщательно проверена конструктором и подписана им и другими должностными лицами. Такая копия называется **подлинником** и является основным документом на производстве.

В светокопировальном аппарате подлинник совмещается с диазобумагой. При освещении (экспонировании) лучи света проходят через прозрачную бумагу подлинника и разлагают светочувствительный слой диазобумаги. Под линиями чертежа, сквозь которые не могут пройти лучи света, разложения светочувствительного слоя не происходит. В результате экспонирования на диазобумаге получается скрытое изображение.

В проявочном устройстве светокопировального аппарата скрытое изображение проявляется парами аммиака, в результате чего получается копия чертежа. С подлинника, выполненного на кальке, можно получить 100—200 экземпляров светокопий (рис. 530).

Изготовление подлинников на кальке путем ручного копирования очень трудоемкий процесс. Одним из наиболее экономичных и доступных способов, позволяющих исключить процесс ручного изготовления подлинников тушью, является выполнение чертежа карандашом сразу на прозрачной бумаге марок Ч и Д. Наилучшее качество чертежей получается при работе карандашами «Светокопия» и «Люмограф», дающими плотные, четкие линии. Во избежание порчи бумаг рекомендуется работать слегка притупленным карандашом.

Иногда под чертеж подкладывают копировальную бумагу копировальным слоем к чертежной бумаге. Это увеличивает непроницаемость линий чертежа, изображение на подлиннике получается более четкое.

При работе недопустимы многократные подчистки резинкой во избежание появления пятен на копиях. При длительном хранении оригинала применяется защитное покрытие его лаком.

Непосредственное выполнение оригинала конструктором на кальке ликвидирует кропотливый и длительный труд копировщика, а также время, затрачиваемое конструктором на проверку копии чертежа.

Иногда приходится изготовлять несколько калек-дубликатов, например, при рассылке одних и тех же чертежей на разные заводы, изготовляющие одинаковую серийную продукцию. В таких случаях на заводы высылают комплекты калек-дубликатов, с которых уже на месте изготовляют светокопии. Для того чтобы избе-

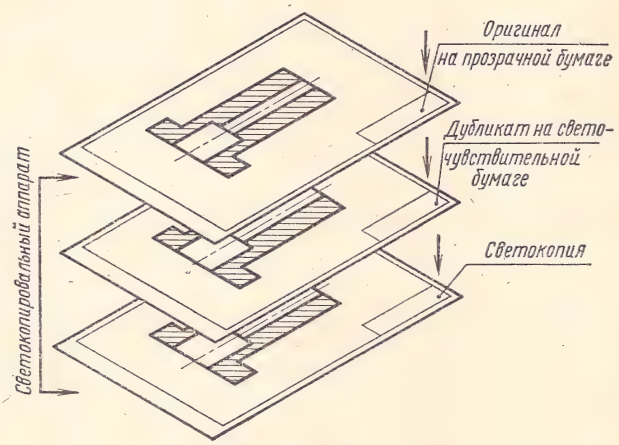


Рис. 530

[1] В настоящей главе даны лишь общие сведения о способах размножения технической документации. Более подробно эта тема изложена в книге В. Д. Засова и В. Н. Юрина «Размножение технической документации».

жать изготовления калек-дубликатов вручную, применяют специальную полупрозрачную диазокальку, покрытую с одной стороны светочувствительным слоем. Принцип получения изображения на диазокальке такой же, как и на диазобумаге.

§ 2. ЭЛЕКТРОГРАФИЯ

Электрографический способ копирования документов основан на свойстве фотополупроводниковых материалов (селена или окиси цинка) оставаться в темноте диэлектриками, а при освещении благодаря внутреннему фотоэффекту становиться проводниками электричества.

Электрография позволяет получать копии изображений с прозрачных и непрозрачных материалов на любую бумагу, пленку, фольгу и другой материал. Копии можно получать в любом масштабе.

Принцип работы электрографического аппарата показан на рис. 531.

Чертеж-оригинал, освещаемый источником света *1*, движется перед объективом *2*. Через систему зеркал *3* изображение с оригинала проецируется на заряженную поверхность барабана *4*, покрытую слоем селена. Барабан вращается синхронно с движением оригинала.

В слое селена получается скрытое электростатическое изображение, которое проявляется в устройстве *5*, где зерна порошкового красителя притягиваются в местах полученного изображения.

При дальнейшем вращении барабана изображение с него переносится контактным методом на бумажное полотно *6*, которое имеет заряд, противоположный заряду порошкового изображения.

Изображение на бумажном полотне закрепляется в устройстве *7*, где порошок оплавляется и прочно фиксируется на бумаге.

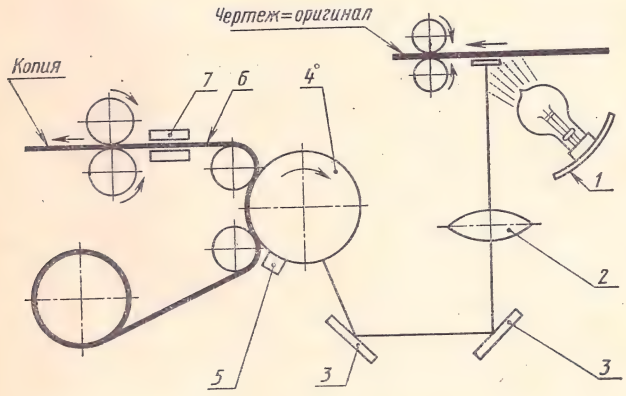


Рис. 531

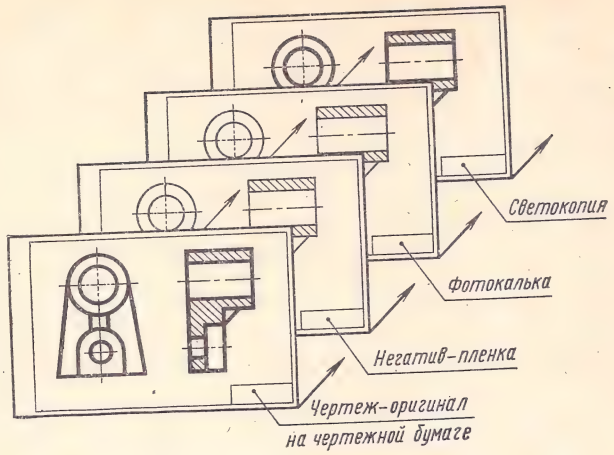


Рис. 532

§ 3. МИКРОФОТОКОПИРОВАНИЕ

Микрофотокопированием называют способ получения фотографическим путем уменьшенных изображений оригиналов и изготовления с них копий нужных размеров. Микрофотокопии изготовляют в виде микрофильмов и микрокарт.

Микрофотокопии изготовляют с целью сокращения площадей технических архивов. Кроме того, благодаря малым размерам и единой форме микрофотокопий появилась возможность комплексного решения задачи механизации процессов размножения, хранения и поиска технической документации.

Для получения микрофотокопий оригинал фотографируют на специальных установках для микрофотокопирования (РУСТ-2 и др.).

Для получения с микрофотокопии увеличенных изображений применяют увеличительные установки (УУ-2 и др.).

Один из способов получения светокопии с микрофотокопии показан на рис. 532. С оригинала получен негатив на микропленке, с негатива на увеличительной установке отпечатана фотокалька, с которой в светокопировальном аппарате получена светокопия чертежа.

§ 4. ТЕРМОКОПИРОВАНИЕ

Термокопирование применяется для оперативного размножения документации, не требующей длительного хранения, этот способ целесообразен для получения 10—12 копий.

Термокопировальный аппарат «Термокопир», схема которого показана на рис. 533, предназначен для получения копий с листовых ориги-

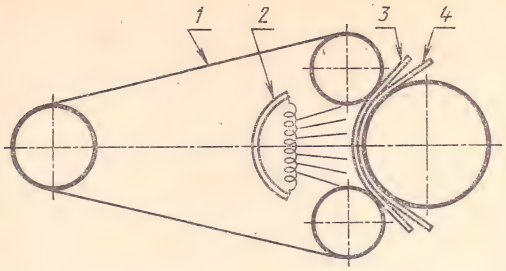


Рис. 533

налов, выполненных карандашом, тушью, машинописным или типографским способом.

Процесс термокопирования осуществляется следующим образом. Лист специальной термокопировальной бумаги *3*, наложенной термочувствительным слоем на изображение оригинала *4*, перемещается при помощи валиков и ленты *1* мимо термоизлучателя *2*. Инфракрасные лучи проходят через копировальную бумагу и падают на оригинал. Темные места оригинала (линии изображения) поглощают тепло в большей степени, чем светлые. Под действием тепла в термочувствительном слое бумаги происходит мгновенная избирательная реакция, в результате которой получается изображение — копия чертежа. Готовая копия может быть получена за 4—7 с. Количество копий неограничено.

§ 5. ОПЕРАТИВНАЯ ПОЛИГРАФИЯ

Для массового размножения чертежей и других технических документов применяют аппараты оперативной полиграфии.

В зависимости от характера выпускаемой продукции применяются три способа оперативной полиграфии: офсетная, трафаретная и гектографическая печать.

Офсетная печать является наиболее производительным способом.

Для получения оттиска при офсетном способе печати вначале изготовляют печатную форму,

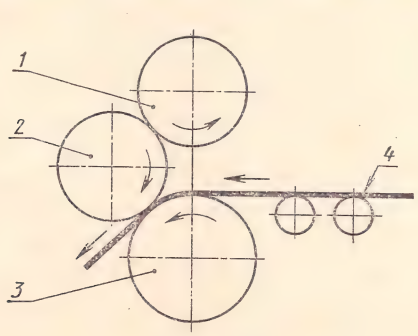


Рис. 534

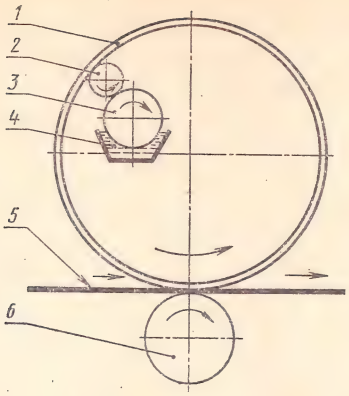


Рис. 535

которая представляет собой металлическую или бумажную пластину с нанесенным на ней изображением.

Особенностью офсетной печатной формы является способность ее пробельных (т. е. не покрытых линиями) элементов абсорбировать (поглощать) воду, в то время как печатающие элементы восприимчивы к жирной краске. Используя это свойство, форму сначала смачивают водой, а затем на нее наносят жирную краску. Пробельные элементы отталкивают краску, которая покрывает только элементы изображения.

С такой формы изображение можно передать на бумагу или кальку.

Весь процесс печати выполняется на малогабаритных офсетных машинах — ротапринтах. Схема ротапринта показана на рис. 534. Краска с печатной формы, закрепленной на цилиндре *1*, переносится на эластичную поверхность офсетного цилиндра *2*, обтянутого резиной, а с нее — на бумагу *4*. Печатный цилиндр *3* прижимает бумагу к офсетному цилиндру.

Производительность ротапринта до 6000 оттисков в час.

Трафаретная печать выполняется на ротаторах. Ротатор — копировально-множительный аппарат настольного типа; ротаторы более просты и портативны по сравнению с офсетными машинами.

Принцип трафаретной печати заключается в том, что на печатной форме в местах, соответствующих линиям оригинала, наносят различными способами сквозные мелкие отверстия. Через эти отверстия продавливается краска на подложенную бумагу, в результате чего получается оттиск изображения.

Если форма на многослойной специальной пластикатной пленке изготовлена с помощью электроискрового аппарата, то с такой формы можно получить до 10 000 оттисков.

Ротатор (рис. 535) состоит из барабана *1*, выполненного из металлической сетки и обтянутого снаружи тканью. На поверхности барабана закреплена печатная форма. Внутри барабана имеется красочный валик *3*, смачиваемый краской из ванны *4*. С поверхности валика *3* краска передается на поверхность распределительного валика *2*, откуда через отверстия в барабане переходит на красящую ткань и далее на печатную форму.

При прохождении бумаги *5* между барабаном *1* и печатающим валиком *6* краска продавливается через отверстия формы на бумагу, в результате чего получается оттиск.

Гектографическая печать. Печатная форма для гектографической печати выполняется на мелованной бумаге или на прозрачной чертежной бумаге марки Д. При изготовлении печатной формы под бумагу подкладывают гектографическую копировальную бумагу копировальным слоем вверх. Изображение на форме выполняют вручную, а текст — на пишущей машинке. При этом с подложенной копировальной бумаги на оборотную сторону формы в местах, соответствующих изображению, переходит краситель. В гектографическом аппарате краситель, постепенно растворяясь в этиловом спирте, переносится на бумагу, в результате чего получается копия. С одной формы можно получить до 200 оттисков.

Гектографическую печать иногда называют спиртовой печатью.

Гектографическая бумага выпускается разных цветов, что позволяет изготовлять многоцветные печатные формы и получать на гектографе за один прогон многоцветные копии. Многоцветные изображения удобны, например, для совмещения на одном чертеже тепловых, гидравлических, пневматических и других сетей, что уменьшает объем проектно-конструкторской документации.

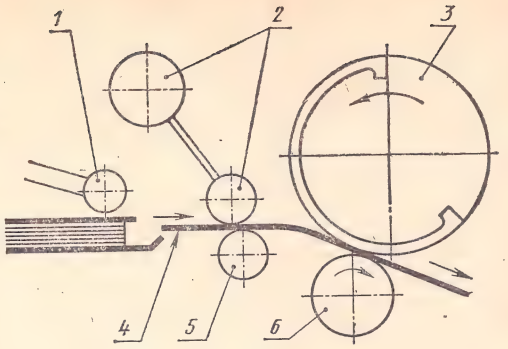


Рис. 536

Основными частями гектографа (рис. 536) являются печатный барабан *3*, на поверхности которого закреплена печатная форма, прижимной валик *6*, ведущий валик *5*, подающее бумагу устройство *1* и устройство *2*, увлажняющее бумагу. Листы бумаги *4* поочередно вводятся в гектограф, где поверхность бумаги увлажняется этиловым спиртом. При контакте бумаги с печатной формой спирт частично растворяет краситель, некоторое количество которого переходит с формы на бумагу.

ГЛАВА 12

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧЕРТЕЖНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ [1]

Трудоемкие процессы выполнения чертежей направляют техническую мысль по пути совершенствования чертежных инструментов и приборов, а также создания их новых конструкций.

Многие советские ученые и инженеры занимаются изучением процесса выполнения чертежно-конструкторских работ, а также созданием новых приборов и автоматов, облегчающих труд чертежника и конструктора.

Результатом этих работ является возможность уже в настоящее время автоматизировать такие трудоемкие процессы, как решение многих задач начертательной геометрии, выполнение рабочих чертежей деталей по данным сборочным чертежам, выполнение чертежей изделий с натуры и т. д.

§ 1. ТРАФАРЕТЫ И АППЛИКАЦИИ

В конструкторских бюро широко применяются различные трафареты для вычерчивания часто повторяющихся условных изображений стандартных деталей.

Применение трафаретов облегчает процесс черчения, повышает качество графических работ, сокращает сроки проектирования.

Трафарет представляет собой пластинку из прозрачного материала (целлулоида, плексигласа) с прорезями. С помощью трафарета, показанного на рис. 537, *а*, можно вычертить окружности пяти разных диаметров, а по трафарету на рис. 537,*б* — гайки и шайбы трех разных диаметров. Для вычерчивания различных сопряжений служит трафарет-радиусник (рис. 538), с помощью которого можно провести 16 различных радиусов.

Трафарет, предложенный В. А. Осадченко (рис. 539), позволяет быстро и точно делить отрезки прямых линий на две равные части, проводить перпендикуляры и нормали к кривым, а также находить центры дуг окружностей.

Если, например, требуется разделить данный отрезок прямой линии AB на две равные части и к середине его восставить перпендикуляр, то шкалу трафарета прикладываем к отрезку AB так, чтобы нулевая точка деления шкалы находилась примерно в середине отрезка. Затем трафарет перемещаем по линии AB с таким расчетом, чтобы размер слева от нуля шкалы был равен

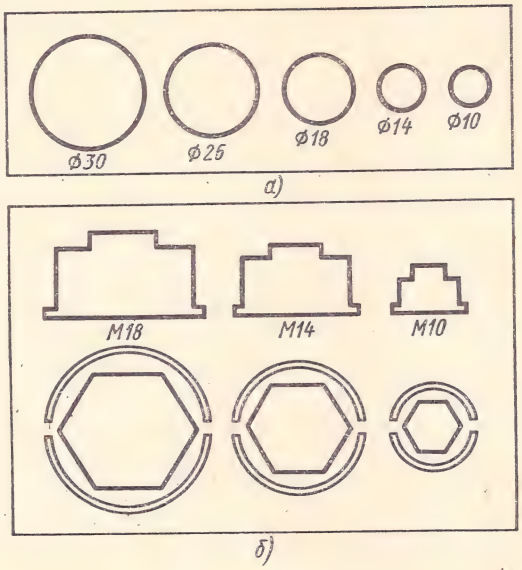


Рис. 537

размеру справа. По нулевой точке иглой отмечаем середину отрезка AB, а по осевой линии накалываем иглой две точки, принадлежащие искомому перпендикуляру. С помощью этого трафарета можно провести перпендикуляр к отрезку прямой в любой точке, лежащей на этом отрезке.

В настоящее время стали применяться аппликации, изготовляемые типографским способом. Аппликации представляют собой изображения различных проекций (видов) наиболее часто применяемых изделий, деталей или их элементов.

Рис. 538

[1] В настоящей главе даны лишь общие представления о возможностях механизации и автоматизации чертежно-конструкторских работ. Желающие более подробно познакомиться с этой темой могут обратиться к соответствующей литературе.

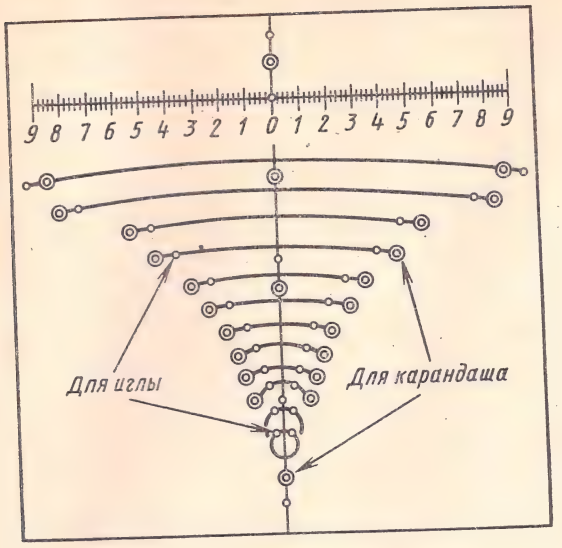


Рис. 539

Конструктор или чертежник вместо вычерчивания каждый раз одних и тех же деталей или изделий наклеивает их изображения на чертеж. Используя аппликации, можно выполнять сборочные чертежи или чертежи сложных деталей. Аппликации размножают также светокопированием.

На рис. 540, *а* изображен вертикально-сверлильный станок, а на рис. 540, *б* — аппликации, которые представляют собой контурные очертания станка в двух проекциях. Такие аппликации применяются при вычерчивании схем расстановки оборудования в цехах.

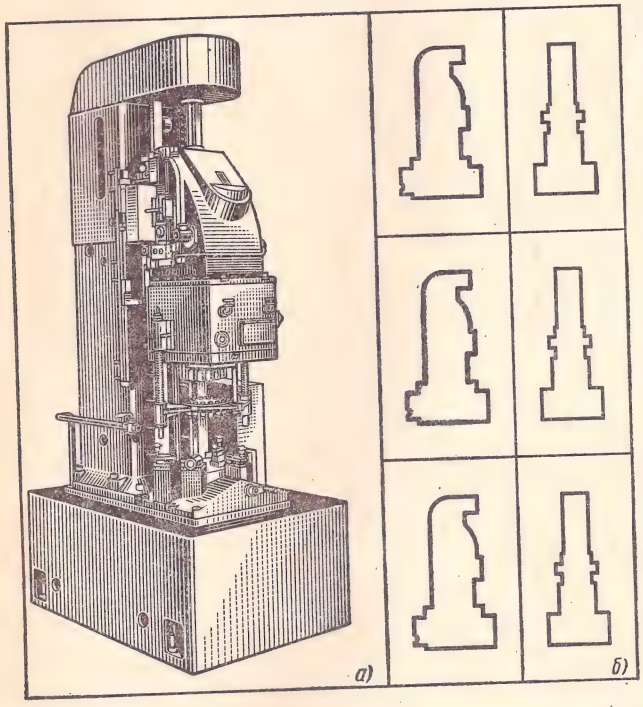


Рис. 540

§ 2. ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ ЧЕРТЕЖНЫЕ ПРИБОРЫ

Преобразующие чертежные приборы служат для преобразования ортогональных проекций в центральные, аксонометрические и параллельные. К преобразующим приборам относятся также приборы для вычерчивания кривых по заданным параметрам.

Для вычерчивания кривых применяют элипсографы, гиперболографы, коникографы и др.

Простейший **эллипсограф** может быть сделан самим учащимся. Для этого достаточно взять полоску плотной (чертежной) бумаги или картона и начертить на ней отрезок AB, равный большой полуоси эллипса, и отрезок AC, равный малой полуоси эллипса (рис. 541, *а*).

Если точку C заставить скользить вдоль большой оси эллипса, а точку B вдоль малой, то точка A опишет эллипс (рис. 541, *б*).

Коникограф представляет собой плоский многозвенный механизм (рис. 542), предназначенный для вычерчивания эллипсов, парабол и гипербол.

Прибор состоит из направляющих стержней *1*, соединенных с поворотно-скользящими стержнями *2* и переставными шарнирами *3*. Другие концы стержней *2* в точках пересечения с направляющими *1* и вращающимся стержнем *4* соединены шарнирами *5*. В точке пересечения стержней *2* установлен скользящий шарнир *6* с пишущим острием. Вращающийся стержень *4* снабжен шарниром *7* с установочным острием.

Для вычерчивания кривой установочные острия шарниров *3* совмещают с заданными точками вычерчиваемой кривой *8*, через которые проведены заданные касательные *9*. Установочное острие переставного шарнира *7* совмещают с точкой пересечения касательных *9*. Пищущее острие

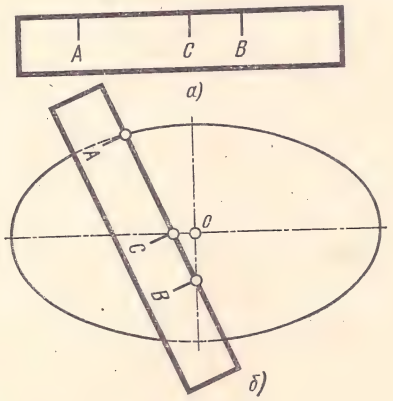


Рис. 541

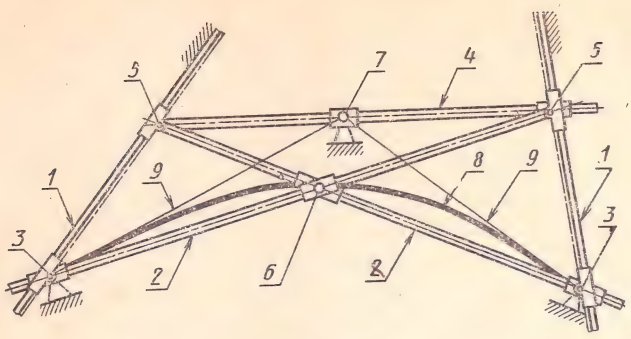


Рис. 542

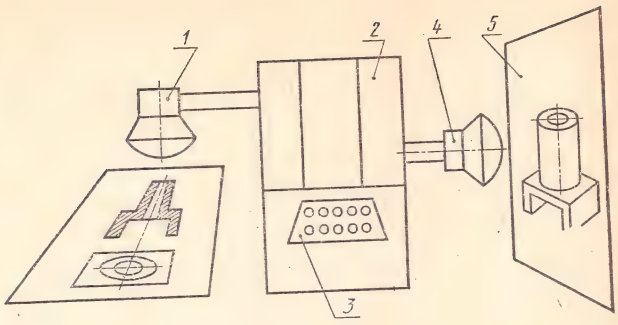


Рис. 544

скользящего шарнира *6* устанавливают в третьей заданной точке кривой, после чего направляющие *1* и шарниры *3* и *7* закрепляют.

При повороте стержня *4* вокруг шарнира *7* пишущее острие шарнира *6* опишет кривую, которая в зависимости от заданных параметров окажется эллипсом, параболой или гиперболой.

Спирограф применяют для вычерчивания спиралей Архимеда. Ножка циркуля с карандашом (рис. 543, *а*) или рейсфедером (рис. 543, *б*) соединена нитью с неподвижным барабанчиком. При повороте ножки циркуля сокращается радиус-вектор ρ, что соответствует закономерности спирали Архимеда. Поворот ножки циркуля осуществляется вручную (рис. 543, *б*) или от миниатюрного электродвигателя с редуктором (рис. 543, *а*). В зависимости от формы барабанчика (рис. 543, *в*) можно вычертить спирали различных видов.

Для механизации процесса построения аксонометрических проекций предмета по его ортогональным проекциям применяют **аксонографы.**

Наиболее простой аксонограф состоит из двух рейсшин обыкновенной и специальной (сдвоенной). Однако с помощью этого прибора можно строить только характерные точки изображения, через которые приходится проводить линии по линейке или лекалу.

Аксонограф рычажного типа позволяет полностью механизировать длительные и кропотливые построения наглядных изображений предметов в любой аксонометрической проекции. Если один штифт аксонографа перемещать по контурным линиям горизонтальной проекции комплексного чертежа, а другой штифт — по линиям фронтальной проекции, то пишущий штифт при этом автоматически вычерчивает аксонометрическую проекцию предмета.

В настоящее время разработана конструкция автоматического аксонографа.

Принципиальная схема этого прибора показана на рис. 544. Читающее устройство *1* представляет собой телевизионную передающую трубку (иконоскоп). Преобразующее устройство *2* служит для преобразования координат точек комплексного чертежа в аксонометрические.

Изображающее устройство *4* представляет собой передающую телевизионную трубку (кинескоп). Аксонометрическое изображение предмета с экрана кинескопа проецируется на экран *5*, с которого можно получить изображение на бумаге. Управление аксонографом осуществляется с пульта *3*.

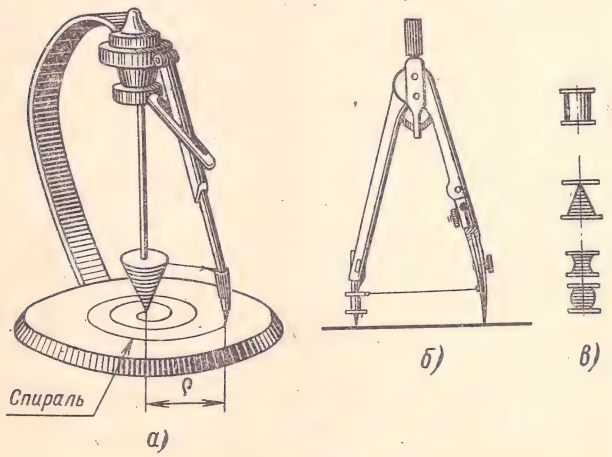


Рис. 543

§ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧЕРТЕЖНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Работа конструктора над чертежом, сопровождаемая расчетами, весьма трудоемка. Низкая производительность инженерно-технического труда тормозит технический прогресс.

В настоящее время разрыв между уровнем механизации и автоматизации производственных процессов и инженерно-технического труда становится все меньше благодаря использованию ЭЦВМ (электронно-цифровых вычислительных машин).

Для того чтобы использовать ЭЦВМ при конструировании, необходимо перевести исходные данные на язык, понятный машине, т. е.

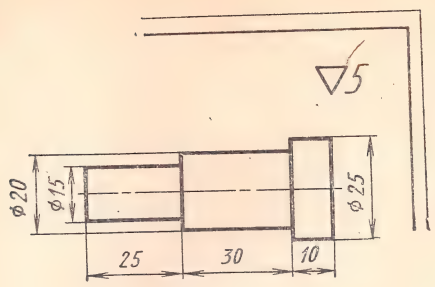


Рис. 545

составить цифровой код. Цифрами обозначаются геометрические элементы изделия, посадки, классы точности, данные о термообработке и т. п. Выполнив кодирование, оператор должен все это перенести на перфокарты, данные с которых затем вводятся в ЭЦВМ. Эти операции весьма трудоемкие, поэтому сейчас разрабатываются автоматы, «читающие» чертежи и текст. Такие автоматы могут вводить информацию в ЭЦВМ прямо с чертежа.

Решение, полученное на ЭЦВМ, должно быть записано и графически оформлено.

Выходные печатающие устройства современных ЭЦВМ не приспособлены для выполнения чертежей, поэтому применяются специальные приборы-приставки различных конструкций.

Эти приборы преобразуют информацию, выходящую из ЭЦВМ, в изображения, возникающие на экранах кинескопов. Эти изображения могут быть автоматически сфотографированы.

В настоящее время многие задачи начертательной геометрии решаются с помощью вычислительной техники.

В машинах, приборах, аппаратах имеется значительное количество простых по форме нестандартных деталей (валиков, пальцев, крышек и др.), форму которых можно представить в виде символической записи, без чертежа, и эту запись передать изготовителям детали. Так, например, вместо чертежа оси (рис. 545) рабочему дается символическая запись на карте в таком виде:

$$\nabla 5\left(\frac{\phi 15}{l25}+\frac{\phi 20}{l30}+\frac{\phi 25}{l10}\right).$$

Вводя различные обозначения резьбы, фасок, галтелей, проточек и других элементов, можно охватить символической записью еще большее количество различных по форме деталей, не вычерчивая их. Такая запись ликвидирует трудоемкий процесс черчения при деталировании.

Если информация чертежа используется для решения задач с помощью ЭЦВМ, то запись чертежа в виде формул намного облегчает кодирование чертежа.

Перечень стандартов ЕСКД, изучаемых в курсе технического черчения

Номер стандарта	Наименование стандарта
	Основные положения
ГОСТ 2.001—70	Общие положения
ГОСТ 2.101—68	Виды изделий
ГОСТ 2.103—68	Стадии разработки
ГОСТ 2.104—68	Основные надписи
ГОСТ 2.105—68	Общие требования к текстовым документам
ГОСТ 2.107—68	Основные требования к рабочим чертежам
ГОСТ 2.108—68	Спецификация
ГОСТ 2.109—68	Правила выполнения чертежей деталей, сборочных, общих видов, габаритных и монтажных
ГОСТ 2.114—70	Технические условия. Правила построения, изложения и оформления
	Общие правила выполнения чертежей
ГОСТ 2.301—68	Форматы
ГОСТ 2.302—68	Масштабы
ГОСТ 2.303—68	Линии
ГОСТ 2.304—68	Шрифы чертежные
ГОСТ 2.305—68	Изображения — виды, разрезы, сечения
ГОСТ 2.306—68	Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах
ГОСТ 2.307—68	Нанесение размеров и предельных отклонений
ГОСТ 2.308—68	Указание на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей
ГОСТ 2.309—68	Нанесение на чертежах обозначений шероховатости поверхностей
ГОСТ 2.310—68	Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки
ГОСТ 2.311—68	Изображения резьбы
ГОСТ 2.312—72	Условные изображения и обозначения швов сварных соединений
ГОСТ 2.313—68	Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений
ГОСТ 2.314—68	Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий
ГОСТ 2.315—68	Изображения упрощенные и условные крепежных деталей
ГОСТ 2.316—68	Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц
ГОСТ 2.317—69	Аксонометрические проекции
	Правила выполнения чертежей различных изделий
ГОСТ 2.401—68	Правила выполнения чертежей пружин
ГОСТ 2.402—68	Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач
ГОСТ 2.403—68	Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических зубчатых колес
ГОСТ 2.404—68	Правила выполнения рабочих чертежей зубчатых реек
ГОСТ 2.405—68	Правила выполнения рабочих чертежей конических зубчатых колес
ГОСТ 2.406—68	Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических червяков и червячных колес
ГОСТ 2.407—68	Правила выполнения рабочих чертежей червяков и колес червячных глобоидных передач
ГОСТ 2.408—68	Правила выполнения рабочих чертежей звездочек приводных роликов и втулочных цепей
ГОСТ 2.409—68	Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений
ГОСТ 2.412—68	Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий
ГОСТ 2.420—69	Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах
ГОСТ 2.421—70	Правила выполнения рабочих чертежей звездочек для грузовых пластинчатых цепей
	Правила выполнения схем и условные графические обозначения
ГОСТ 2.701—68	Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702—69	Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.703—68	Правила выполнения кинематических схем
ГОСТ 2.704—68	Правила выполнения гидравлических и пневматических схем
ГОСТ 2.721—68	Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения
ГОСТ 2.722—68	Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические
ГОСТ 2.723—68	Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
ГОСТ 2.724—68	Обозначения условные графические в схемах. Электромагниты
ГОСТ 2.725—68	Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие
ГОСТ 2.726—68	Обозначения условные графические в схемах. Токосъемники
ГОСТ 2.727—68	Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители
ГОСТ 2.728—68	Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы
ГОСТ 2.729—68	Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные
ГОСТ 2.730—68	Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые

Номер стандарта	Наименование стандарта	Номер стандарта	Наименование стандарта
ГОСТ 2.731—68	Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные	ГОСТ 2.781—68	Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая
ГОСТ 2.732—68	Обозначения условные графические в схемах. Источники света	ГОСТ 2.782—68	Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические
ГОСТ 2.746—68	Обозначения условные графические в схемах. Генераторы и усилители квантовые	ГОСТ 2.784—70	Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов
ГОСТ 2.747—68	Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений	ГОСТ 2.785—70	Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная
ГОСТ 2.751—68	Обозначения условные графические в схемах. Линии электрической связи: провода, кабели, шины и их соединения	ГОСТ 2.786—70	Обозначения условные графические. Элементы санитарно-технических устройств
ГОСТ 2.770—68	Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики		
ГОСТ 2.780—68	Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боголюбов С. К.** Задачник по черчению. М., «Машиностроение», 1972, 272 с.

2. **Боголюбов С. К.** Задания по деталированию. М., «Машиностроение», 1973, 64 с.

3. **Бабулин Н. А.** Построение и чтение машиностроительных чертежей. М., «Высшая школа», 1972, 366 с.

4. **Дружинин Н. С., Цылбов П. П.** Курс черчения. М., «Высшая школа», 1971, 296 с.

5. **Кириллов А. Ф., Соколовский М. С.** Черчение и рисование. М., «Высшая школа», 1972, 334 с.

6. **Пугачев А. С.** Техническое рисование. Л., «Судостроение», 1968, 146 с.

7. **Засов В. Д., Юрин В. Д.** Размножение технической документации. М., «Машиностроение», 1968, 140 с.

8. **Шитов В. И.** Механизация чертежно-конструкторских работ. М., «Машиностроение», 1966, 72 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 4

ЧАСТЬ I

ТЕХНИКА ЧЕРЧЕНИЯ

Глава 1. Чертежные инструменты, принадлежности и материалы 7

Глава 2. **Оформление чертежей** 13
§ 1. Понятие о стандартах 13
§ 2. Форматы 13
§ 3. Основная надпись чертежа 14
§ 4. Линии 15
§ 5. Шрифты чертежные 17
§ 6. Масштабы 22
§ 7. Нанесение размеров 23

ЧАСТЬ II

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава 1. **Основные геометрические построения** ... 28
§ 1. Деление отрезков прямых на равные части и проведение перпендикуляров 28
§ 2. Построение и деление углов на равные части 29
§ 3. Определение центра дуги окружности . . . 31
§ 4. Построение уклонов и конусности 32
Вопросы для самопроверки 33

Глава 2. **Деление окружности на равные части** 34
§ 1. Деление окружности на четыре и восемь равных частей 34
§ 2. Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей 34
§ 3. Деление окружности на пять и семь равных частей 36
§ 4. Деление окружности на любое количество равных частей 37

Глава 3. **Сопряжения линий** 38
§ 1. Сопряжения 38
§ 2. Коробовые кривые линии 43

Глава 4. **Лекальные кривые** 44
§ 1. Вычерчивание кривых по лекалу 44
§ 2. Кривые конических сечений 44
§ 3. Синусоида 47
§ 4. Спираль Архимеда 48
§ 5. Эвольвента 48
§ 6. Циклоидальные кривые 50
Вопросы для самопроверки 50

ЧАСТЬ III

ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава 1. **Общие сведения о видах проецирования** 51

Глава 2. **Проецирование точки** 53
§ 1. Проецирование точки на две плоскости проекций 53
§ 2. Расположение проекций точек на комплексном чертеже 54
§ 3. Проецирование точки на три плоскости проекций 54
§ 4. Координаты точки 54

Глава 3. **Проецирование отрезка прямой линии** 56
§ 1. Проецирование отрезка прямой линии на две и три плоскости проекций 56
§ 2. Расположение проекций отрезков прямых на комплексных чертежах 56
§ 3. Углы между прямой и плоскостями проекций 60
§ 4. Следы прямой линии 60
§ 5. Взаимное положение двух прямых на комплексном чертеже 60
Вопросы для самопроверки 60

Глава 4. **Проецирование плоских фигур** 61
§ 1. Изображение плоскости на комплексном чертеже. Следы плоскости 61
§ 2. Проецирующие плоскости и плоскость общего положения 64
§ 3. Проекции точки и прямой, расположенных на плоскости 64
§ 4. Проекции плоских фигур 67
§ 5. Взаимное расположение плоскостей 69
§ 6. Прямая, параллельная плоскости 70
§ 7. Пересечение прямой с плоскостью 70
§ 8. Пересечение плоскостей 71
Вопросы для самопроверки 72

Глава 5. **Способы преобразования проекций** 73
§ 1. Применение способов преобразования плоскостей проекций 73
§ 2. Способ вращения 74

§ 3. Способ совмещения 77
§ 4. Способ перемены плоскостей проекций . . 79
Вопросы для самопроверки 81

Глава 6. **Аксонометрические проекции точек, линий, плоских фигур и геометрических тел** 82
§ 1. Виды и способы аксонометрического проецирования 82
§ 2. Прямоугольная изометрическая проекция 83
§ 3. Прямоугольные изометрические проекции прямых линий и плоских фигур 84
§ 4. Прямоугольные изометрические проекции геометрических тел 84
§ 5. Прямоугольные изометрические проекции окружности 85
§ 6. Прямоугольная диметрическая проекция 86
§ 7. Косоугольная фронтальная изометрическая проекция 89
§ 8. Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция 89
§ 9. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция 90

Глава 7. **Проекции геометрических тел** 91
§ 1. Формы геометрических тел 91
§ 2. Проекции призм 91
§ 3. Проекции пирамид 93
§ 4. Проекции цилиндров 94
§ 5. Проекции конусов 95
§ 6. Проекции шара 96
§ 7. Проекции кольца и тора 96
§ 8. Геометрические тела как элементы моделей и деталей машин 97
§ 9. Построение и чтение комплексных чертежей моделей 99
Вопросы для самопроверки 99

Глава 8. **Сечение тел плоскостями и развертки их поверхности** 100
§ 1. Понятие о сечениях геометрических тел 100
§ 2. Сечение призмы плоскостью 102
§ 3. Сечение цилиндра плоскостью 103
§ 4. Сечение пирамиды плоскостью 104
§ 5. Сечение прямого кругового конуса плоскостью 107
§ 6. Развертка сферической поверхности . . . 109
§ 7. Линии среза 110
Вопросы для самопроверки 111

Глава 9. **Взаимное пересечение поверхности тел** 112
§ 1. Линии перехода и пересечения 112
§ 2. Пересечение прямой линии с поверхностями тел 112
§ 3. Общие правила построения линий пересечения поверхностей 114
§ 4. Пересечение цилиндрических поверхностей 114
§ 5. Пересечение поверхностей призм и пирамид 116
§ 6. Пересечение поверхностей цилиндра и конуса 118
§ 7. Пересечение поверхностей призмы и сферы 120
§ 8. Пересечение поверхностей сферы и цилиндра 121
§ 9. Пересечение поверхностей тора и цилиндра 122
§ 10. Построение линий пересечения поверхностей способом вспомогательных сфер 122
Вопросы для самопроверки 123

Глава 10. **Основные понятия о разрезах** 124
Вопросы для самопроверки 126

Глава 11. **Аксонометрические проекции моделей и деталей** 127

Глава 12. **Техническое рисование** 131
§ 1. Рисунки плоских фигур и геометрических тел 131
§ 2. Рисунки деталей машин 134
Вопросы для самопроверки 134

ЧАСТЬ IV

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава 1. **Чертеж как документ ЕСКД** 135
§ 1. Особенности машиностроительного чертежа 135
§ 2. Виды изделий 135
§ 3. Виды конструкторских документов 137
§ 4. Основные надписи на машиностроительных чертежах 138

Глава 2. **Изображения — виды, разрезы, сечения** 139
§ 1. Системы расположения изображений . . . 139
§ 2. Виды 140
§ 3. Разрезы 142
§ 4. Разрезы простые 142
§ 5. Разрезы местные 145
§ 6. Разрезы сложные 145
§ 7. Сечения 147
§ 8. Выносные элементы 150
§ 9. Графические обозначения материалов на чертежах 150
§ 10. Условности и упрощения на чертежах 153
Вопросы для самопроверки 156

Глава 3. **Винтовые поверхности и изделия с резьбой** 157
§ 1. Виды изделий с винтовой поверхностью 157
§ 2. Винтовая линия 158
§ 3. Винтовая лента 159
§ 4. Винтовые поверхности 159
§ 5. Винтовой выступ 160
§ 6. Ход винтовой линии 162
§ 7. Построение винтовой поверхности 162
§ 8. Условное изображение резьб на чертежах 163
§ 9. Типы резьб 164
§ 10. Обозначение резьб на чертежах 166
§ 11. Сбег резьбы, проточки, фаски 166
§ 12. Резьбовые крепежные детали 168
§ 13. Шайбы и шплинты 173
§ 14. Резьбовые соединения деталей 173
§ 15. Резьбовые соединения труб с помощью фитингов 176
Вопросы для самопроверки 176

Глава 4. **Чертежи деталей** 177
§ 1. Форма и элементы деталей машин 177
§ 2. Обозначение шероховатости поверхности, покрытий и термообработки 178
§ 3. Материалы и их обозначения на чертежах 181
§ 4. Измерительные инструменты и приемы измерения 183
§ 5. Допуски, посадки и их обозначение на чертежах 186
§ 6. Понятие о размерных базах 189
§ 7. Нанесение размеров 190
§ 8. Надписи и технические требования . . . 193
§ 9. Выполнение эскиза детали 195
§ 10. Выполнение рабочих чертежей деталей 198
§ 11. Чертежи пружин 202
Вопросы для самопроверки 205

Глава 5. **Изображение на чертежах соединений деталей машин** 206

§ 1. Соединение шпонкой 206
§ 2. Соединение зубчатое (шлицевое) 207
§ 3. Соединение штифтами 209
§ 4. Соединение заклепками 209
§ 5. Сварные соединения 211
§ 6. Виды сварных соединений 212
§ 7. Условные изображения швов сварных соединений 212
§ 8. Условные обозначения швов сварных соединений 214
§ 9. Соединения пайкой и склеиванием 216

Глава 6. **Зубчатые передачи** 219

§ 1. Виды передач 219
§ 2. Конструкция и элементы зубчатых колес 220
§ 3. Вычерчивание контура зуба нормального эвольвентного профиля 222
§ 4. Последовательность выполнения чертежа цилиндрического прямозубого колеса 224
§ 5. Последовательность выполнения чертежа конического прямозубого колеса 226
§ 6. Вычерчивание червяка 228
§ 7. Вычерчивание червячного колеса 229
§ 8. Рабочие чертежи зубчатых колес 231
§ 9. Изображение зубчатых и червячных передач 237
§ 10. Изображение зацепления храпового механизма 241
§ 11. Изображение цепной передачи 241
Вопросы для самопроверки 242

Глава 7. **Сборочные чертежи** 243

§ 1. Содержание сборочного чертежа 243
§ 2. Технологические особенности сборочных процессов и их отражение на чертежах 244
§ 3. Изображение смазочных устройств . . . 245
§ 4. Изображение уплотнительных устройств 245
§ 5. Изображение подшипников качения . . . 247
§ 6. Изображение пружин 247
§ 7. Изображение стопорных устройств 248
§ 8. Условности и упрощения на сборочных чертежах 249
§ 9. Последовательность выполнения сборочного чертежа с натуры 249
§ 10. Сборочные чертежи неразъемных соединений 260
Вопросы для самопроверки 261

Глава 8. **Чтение и деталирование сборочных чертежей** 262

Вопросы для самопроверки 266

Глава 9. **Схемы** 267

§ 1. Общие правила выполнения схем 267
§ 2. Схемы кинематические 268
§ 3. Схемы пневматические и гидравлические 275
§ 4. Схемы электрические 277
Вопросы для самопроверки 281

Глава 10. **Основы архитектурно-строительного черчения** 282

§ 1. Чертежи генеральных планов 282
§ 2. Чертежи фасадов зданий 282
§ 3. Чертежи планов этажей здания 282
§ 4. Чертежи вертикальных разрезов зданий 287
§ 5. Чертежи частей зданий 287
§ 6. Нанесение размеров на строительных чертежах 288
§ 7. Вычерчивание плана цеха 291

Глава 11. **Размножение технической документации** 292

§ 1. Светокопирование на диазобумагах 292
§ 2. Электрография 293
§ 3. Микрофотокопирование 293
§ 4. Термокопирование 293
§ 5. Оперативная полиграфия 294

Глава 12. **Механизация и автоматизация чертежно-конструкторских работ** 296

§ 1. Трафареты и аппликации 296
§ 2. Преобразующие чертежные приборы . . . 297
§ 3. Автоматизация чертежно-конструкторских работ 298

Приложение 300

Список литературы 301

Сергей Константинович Боголюбов

Александр Васильевич Воинов

КУРС ТЕХНИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Редактор издательства **Л. И. Слуцкая**

Технический редактор **А. И. Захарова** Корректор **Л. В. Асташенок**

Переплет художника **Е. Н. Волкова**

Сдано в набор 19/II 1973 г. Подписано к печати 25/X 1973 г.
Формат 84×108¹/₁₆ Бумага тип. № 3
Усл. печ. л. 31,92 Уч.-изд. л. 29,8
Тираж 40 000 экз. Заказ 787
Цена 1 р. 19 к.

Издательство «Машиностроение» 107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ленинград, Гатчинская ул., 26

1 р. 19 к.

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»